



Universidad  
Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior  
Departamento de Tecnología Electrónica

PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIONES  
TELÉMÁTICA

---

EVALUACIÓN DE ACCESIBILIDAD EN  
APLICACIÓN MÓVIL DE PAGOS CON  
BIOMETRÍA

---

Autor: José Luis Alonso Aguilera

Tutor: Ramón Blanco Gonzalo

Director: Raúl Sánchez Reíllo

Leganés, Octubre 2015

**Título:** Evaluación de accesibilidad en aplicación móvil de pagos con biometría

**Autor:** José Luis Alonso Aguilera

**Director:** Raúl Sánchez Reíllo

## EL TRIBUNAL

Presidente: Luis Mengibar Pozo

Vocal: Belén Fernández Saavedra

Secretario: Fernando García Fernández

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 23 de Octubre de 2015 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

Fdo: Presidente

Fdo: Vocal

Fdo: Secretario

## Agradecimientos

Aquí voy a intentar acordarme de todas las personas que han estado directa e indirectamente en todo este tiempo (que la verdad es que ha sido un poquito más de lo que esperaba en un principio...).

En primer lugar quiero acordarme de ti Ramón, fuiste la persona primera persona con quien cruce unas palabras en la universidad y hemos ido de la mano en toda la carrera hasta el final. Hemos compartido cada una de las clases, lo hemos pasado horrible con las entregas de las prácticas, con los exámenes, pero todo ese sufrimiento ha valido la pena para ambos. Todas las palabras de agradecimiento son pocas, hoy por hoy estoy aquí gracias a ti y nunca se me va a olvidar eso, VALES MUCHO!! Tienes un amigo aquí para cuando lo necesites.

Me quiero acordar también de dos personas que para mí han sido cruciales en este tiempo. Con ellos he compartido biblioteca para estudiar cuando no estaba en la universidad. Pero realmente he vivido anécdotas de mi vida inolvidables, muchos momentos en los descansos que hacíamos que recordaré con MUCHISIMO CARIÑO. Además también en los momentos de salir de fines de semana, NUNCA voy a olvidar todo lo vivido. Gracias Cesar por haber sido un gran amigo y haberme apoyado SIEMPRE. Y Gracias a ti MI NENA!! Eres un pilar fundamental en mi vida, SIEMPRE estás ahí para darme tu cariño y solo el verte en los días duros me los hacías y haces más fáciles, TE QUIERO MUCHO!!

También me quiero acordar de mi Familia. Papa y Mama, si hoy en día soy lo que soy es gracias a vosotros, me habéis dado vuestro amor y comprensión. Siempre habéis creído en mí y eso ha sido imprescindible para qué hoy consiga esto. Gracias Papa por dejarte los cuernos cada día en el taxi para poder pagarme la carrera y gracias a ti Mama por estar cuando lo he necesitado. Mis hermanos Carmen, Jesús y Miriam, siempre habéis cuidado de mí desde que era un mico y

me habéis tratado con dulzura. También me acuerdo de ti Fran, no te quejes (jajaja), gracias por hacer feliz a mi hermana cada día y por haberme dado junto con ella los 2 regalos más bonitos que he tenido en la vida. Mención especial ya que hablo de mi familia, no puedo olvidarme de Ingo (allá donde estés no te olvido) y Ody. Os doy las GRACIAS, OS QUIERO A TODOS!!

Además, me quiero acordar de toda la gente que he conocido en la uni y otros gracias a ellos con los que he vivido (y sigo viviendo) mil momentos increíbles. Los puedo categorizar de la siguiente manera: Aldeanos, pueblerinos y pepineros. Cada uno sabe su categoría...jajaja. Jan, Sergy, Holy, San, David, Sergio, Sonia, Jorge, Guille, Isra, Shei y Alvaro. Aunque sea un pueblo siempre me acordaré de las juergas que nos hemos dado por allí y las veces que hemos ido al parque de las bolitas. Me lo he pasado genial las veces que hemos ido de casas rurales, a pantanos o donde fuera, y espero que siga habiendo más de todo. Ya estaréis tranquilos que presento de una vez, ahora a dar la tabarra a Jan con su curso de Inglés...En serio, GRACIAS a cada uno de vosotros por haber creído en mí (menos tu Sergy, que fuerte...), sé que alguno ha estado detrás de mí más de lo normal preocupándose para ver cómo iba y sé que eso significa que os importo, es lo normal porque sé que me hago de querer (aquí pondría el emoticono del whatsapp de la carita, tu sabes Isra cual digo jajaja). De verdad, MIL GRACIAS A TODOS.

También quiero agradecer a otros amigos de la uni que me ayudaron a sacar prácticas adelante o directamente hemos pasado muy buenos momentos mención especial a Edu (GRANDE) o el Ciervo!! También agradecer su ayuda a todos los profesores que he tenido durante la carrera.

Quiero agradecer también a toda la gente que haya participado en mi experimento, tanto a la gente del CRMF como a los que no eran del CRMF (mi familia, mi colega Jesús y toda la gente de mi curro).

Espero no olvidarme de nadie y si es así lo siento, sois muchos... También lo siento si no puedo explayarme más con cada uno (sino ocupa más esto que la memoria en sí, jajaja) pero sabéis que todos tenéis un lugar especial en mi corazón.

Por último, me hubiese gustado haber presentado antes pero las circunstancias de la vida son así, pero lo importante es que por fin acabo, solo me arrepiento de no haberlo hecho antes ya que me gustaría que hubiese estado ahí una persona a la que quiero mucho. Espero tía que estés donde estés me veas como lo hago y te sientas orgullosa de mí como yo lo he estado siempre de ti.

Y ya que me acuerdo de todo el mundo también quería terminar acordándome de ti: Gracias Kevin Roldan, contigo empppezó todo!!jajaja

# Índice de Contenidos

## Capítulo 1:

### **Introducción y Objetivos ..... 13**

- 1.1. Introducción..... 14
- 1.2. Objetivos del proyecto..... 15
- 1.3. Contenido del proyecto..... 16

## Capítulo 2:

### **Estado del Arte ..... 17**

- 2.1. Biometría ..... 18
  - 2.1.1. Introducción a la biometría..... 18
  - 2.1.2. Historia de la Biometría..... 20
  - 2.1.3. Clasificación de los diferentes sistemas biométricos ..... 22
  - 2.1.4. Arquitectura y funcionamiento de los sistemas biométricos ..... 23
  - 2.1.5. Grado de confianza de los sistemas biométricos ..... 25
  - 2.1.6. Uso de la biometría en el PFC ..... 27
  - 2.1.7. Biometría en la actualidad ..... 29
- 2.2. Móviles y NFC..... 30
  - 2.2.1. Móviles ..... 30
  - 2.2.2. NFC ..... 31
- 2.3. Usabilidad y accesibilidad ..... 32
  - 2.3.1. Usabilidad..... 32
  - 2.3.2. Accesibilidad ..... 33

## Capítulo 3:

### **Diseño y desarrollo del proyecto..... 35**

- 3.1. Introducción ..... 36
  - 3.1.1. Objetivos de la evaluación..... 36
- 3.2. Planteamiento de la evaluación ..... 36
  - 3.2.1. Dispositivos a evaluar..... 36
  - 3.2.2. Contexto de la evaluación..... 37

3.2.3. Equipos de recogida de datos .....	37
3.3. Descripción del marco general de evaluación .....	38
3.3.1. Entrenamiento a los usuarios .....	38
3.3.2. Información de los procesos de la evaluación .....	38
3.3.3. Datos de los usuarios .....	40
3.3.4. Sesiones .....	40
3.3.5. Fases de la evaluación .....	41
3.4. Comprobaciones en las sesiones.....	47
3.4.1. Pre Sesión .....	47
3.4.2. Sesión 1 .....	47
3.4.3. Sesión 2 .....	48
3.4.4. Post Sesión.....	49

## Capítulo 4:

<b>Características de la Evaluación de Accesibilidad .....</b>	<b>50</b>
4.1. Introducción .....	51
4.2. Características de los usuarios .....	51
4.2.1. Usuarios CRMF.....	51
4.2.2. Usuarios no CRMF.....	59
4.3. Software .....	64
4.3.1. Aplicación.....	64
4.3.2. Algoritmos .....	66
4.4. Hardware.....	67
4.4.1. Sensor de huellas .....	67
4.4.2. Cámara.....	68
4.4.3. Móvil .....	69
4.4.4. Tarjeta Inteligente.....	69
4.4.5. Trípode .....	70
4.4.6. Ordenador Portátil .....	70
4.5. Escenarios .....	71
4.6. Características de Accesibilidad del proyecto .....	71
4.6.1. Interfaces .....	72
4.6.2. Dispositivos .....	74
4.7. Documentos .....	74
4.7.1. Formularios.....	74

4.7.2. Documento Aceptación .....	75
-----------------------------------	----

## Capítulo 5:

<b>Experimentos .....</b>	<b>76</b>
5.1. Introducción .....	77
5.2. Experimentos sobre la Accesibilidad .....	77
5.2.1. Evaluación de Accesibilidad .....	77
5.2.2. Resultados de Accesibilidad .....	78
5.3. Experimentos sobre la Usabilidad .....	80
5.3.1. Evaluación de Usabilidad .....	80
5.3.2. Resultados de Usabilidad .....	80
5.4. Experimentos sobre el Rendimiento .....	93
5.4.1. Evaluación de Rendimiento .....	94
5.4.2. Resultados de Rendimiento .....	95

## Capítulo 6:

<b>Conclusiones y Líneas Futuras .....</b>	<b>98</b>
6.1. Introducción .....	99
6.2. Accesibilidad .....	99
6.2.1. Usuarios CRMF/No CRMF .....	99
6.2.2. Sistema .....	100
6.2.3. Otras .....	101
6.3. Usabilidad .....	101
6.3.1. Efectividad .....	101
6.3.2. Eficiencia .....	102
6.3.3. Satisfacción .....	104
6.4. Rendimiento .....	107
6.5. Líneas futuras .....	108
<b>Presupuesto .....</b>	<b>110</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>113</b>
Anexo 1. Formulario Previo .....	114



Anexo 2. Formulario Final .....	115
Anexo 3. Documento de Aceptación .....	116
<b>Referencias .....</b>	<b>118</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Algunas de las características biométricas del cuerpo humano .....	19
Figura 2. Sistema de Bertillon .....	20
Figura 3. Clasificación de la biometría por su tipo .....	22
Figura 4. Arquitectura del proceso biométrico .....	24
Figura 5. Ejemplo de curva donde se ven representadas la FAR, la FRR y la EER .....	25
Figura 6. Ejemplo de curva ROC .....	26
Figura 7. Ejemplo de curva DET .....	27
Figura 8. Huella dactilar mostrando ejemplos de crestas y valles .....	28
Figura 9. Huella dactilar mostrando varias zonas características, como el lazo, la espiral y el delta .....	28
Figura 10. Fases de la Evaluación .....	41
Figura 11. Preferencias de Accesibilidad .....	42
Figura 12. Diagrama de flujo del entrenamiento .....	43
Figura 13. Diagrama de flujo del reclutamiento .....	44
Figura 14. Diagrama de flujo de la Captura de muestras .....	45
Figura 15. Diagrama de flujo de la compra .....	46
Figura 16. Género de los usuarios CRMF .....	52
Figura 17. Intervalos de Edad CRMF .....	52
Figura 18. Estudios de los usuarios del CRMF .....	53
Figura 19. Lateralidad CRMF .....	53
Figura 20. Familiaridad con la tecnología de los usuarios del CRMF .....	54
Figura 21. Experiencia previa con la Biometría de los usuarios del CRMF .....	55
Figura 22. Preferencia modal CRMF .....	55
Figura 23. Uso biometría para desbloqueo móvil/ordenador CRMF .....	56
Figura 24. Uso biometría para pagos y extracción dinero CRMF .....	57
Figura 25. Usuarios con problemas en las manos/dedos CRMF .....	58
Figura 26. Problemas de Accesibilidad CRMF .....	58
Figura 27. Género no CRMF .....	59
Figura 28. Intervalos de Edad de los usuarios no CRMF .....	60
Figura 29. Estudios de los usuarios no CRMF .....	60
Figura 30. Familiaridad con la tecnología no CRMF .....	61
Figura 31. Experiencia Previa con la Biometría no CRMF .....	62
Figura 32. Preferencia modal no CRMF .....	62
Figura 33. Uso biometría para desbloqueo móvil/ordenador no CRMF .....	63
Figura 34. Uso biometría para pagos y extracción dinero no CRMF .....	63
Figura 35. Diferentes pantallas de menús de la aplicación .....	65
Figura 36. Diagrama de flujo de la aplicación .....	66
Figura 37. Sensor de huellas Hamster Plus .....	68
Figura 38. Cámara de video Sony DCR-SR58E .....	68
Figura 39. Móvil Samsung Galaxy Note II .....	69
Figura 40. Tarjeta Mifare SCL3710 .....	70
Figura 41. Trípode .....	70
Figura 42. Ordenador Portátil .....	71
Figura 43. Combinaciones de colores en la pantalla de selección de brillo .....	73
Figura 44. Pantallas configuración aplicación .....	73
Figura 45. Resultados de Accesibilidad CRMF .....	78
Figura 46. Dificultad para terminar el proceso usuarios del CRMF .....	79

Figura 47. Resultados de Accesibilidad no CRMF .....	79
Figura 48. Tipología de compras CRMF.....	81
Figura 49. Tiempos por usuario CRMF.....	82
Figura 50. Tiempos por fase en la sesión 1 CRMF .....	82
Figura 51. Tiempo medio por fase en la sesión 1 CRMF.....	83
Figura 52. Tiempos por fase en la sesión 2 CRMF .....	83
Figura 53. Tiempo medio por fase en la sesión 2 CRMF.....	83
Figura 54. Comparativa de captura de muestras entre sesiones CRMF .....	84
Figura 55. Comparativa de compras entre sesiones CRMF .....	84
Figura 56. Comodidad de la huella CRMF.....	85
Figura 57. Comodidad de la firma CRMF.....	85
Figura 58. Tiempo de la huella CRMF.....	85
Figura 59. Tiempo de la firma CRMF.....	86
Figura 60. Uso de la biometría para desbloquear móvil/ordenador CRMF .....	86
Figura 61. Uso de la biometría para realizar pagos CRMF .....	87
Figura 62. Preferencia modal CRMF .....	87
Figura 63. Tipología de compras no CRMF.....	88
Figura 64. Tiempos por usuario no CRMF.....	89
Figura 65. Tiempos por fase en la sesión 1 no CRMF .....	89
Figura 66. Tiempo medio por fase en la sesión 1 no CRMF.....	89
Figura 67. Tiempos por fase en la sesión 2 no CRMF .....	90
Figura 68. Tiempo medio por fase en la sesión 2 no CRMF.....	90
Figura 69. Comparativa de captura de muestras entre sesiones no CRMF .....	90
Figura 70. Comparativa de compras entre sesiones no CRMF .....	91
Figura 71. Comodidad de la huella no CRMF.....	91
Figura 72. Comodidad de la firma no CRMF.....	91
Figura 73. Tiempo de la huella no CRMF.....	92
Figura 74. Tiempo de la firma no CRMF .....	92
Figura 75. Uso de la biometría para desbloquear móvil/ordenador no CRMF .....	92
Figura 76. Uso de la biometría para realizar pagos no CRMF .....	93
Figura 77. Preferencia modal no CRMF .....	93
Figura 78. Curva ROC de la Huella .....	96
Figura 79. Curva ROC de la firma .....	97

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados efectividad CRMF.....	81
Tabla 2. Resultados efectividad no CRMF.....	88
Tabla 3. Resultados de rendimiento CRMF .....	95
Tabla 4. Resultados de rendimiento no CRMF .....	96

# Capítulo 1:

## Introducción y Objetivos

En este capítulo mencionaremos las motivaciones del proyecto, los objetivos que nos hemos planteado y explicaremos cómo los hemos llevado a cabo.

## **1.1. Introducción**

Actualmente los sistemas biométricos están a la cabeza de la tecnología. Protección y seguridad son palabras clave en la era digital y los sistemas biométricos se decantan como firmes candidatos para llevarlas a cabo. La biometría puede dejar obsoletos sistemas de seguridad que requieran el transporte de objetos o que requieran recordar una clave, ya que la memoria es frágil y los objetos se pueden perder con facilidad. Además, las nuevas tecnologías como los terminales Smartphone tienen un papel muy importante por la mayoría de la población por su uso diario. Por tanto, es muy importante contar con una tecnología que nos aporte confianza y que mejore con ello nuestra calidad de vida.

Uniando estos conceptos se puede concluir que se podría intentar ayudar a mejorar la calidad de vida a personas con problemas de accesibilidad a través de la biometría. Es aquí donde surge la raíz del objeto de estudio de este proyecto, en el cual hemos realizado una evaluación de accesibilidad de una aplicación móvil que simula compras a través del reconocimiento biométrico a un grupo de personas con problemas de accesibilidad. De esta forma comprobamos si es algo útil, los problemas que soluciona y cómo se podría mejorar.

## **1.2. Objetivos del proyecto**

El principal objetivo será, a través de una aplicación móvil unida a un lector de huella dactilar, examinar a un grupo de personas con problemas de accesibilidad para así obtener el rendimiento de los algoritmos biométricos, el grado de accesibilidad y usabilidad de dicha aplicación. Esta aplicación simula un punto de venta a través de la biometría.

En el proyecto aportamos más información, más datos y más medios de forma que, algún día llegue a todas las personas con problemas de accesibilidad una forma sencilla, práctica y eficiente para realizar una transacción sea por ejemplo una compra o la extracción de dinero de su cuenta bancaria.

Según el objeto de estudio, evaluaremos una aplicación móvil utilizada por usuarios con problemas de accesibilidad. Veremos a continuación qué tipo de dispositivos utilizaremos, cómo los analizaremos y los resultados obtenidos.

### **1.3. Contenido del proyecto**

En primer lugar y como punto de partida, se realizará una introducción del proyecto y daremos una idea global de cuáles serán los asuntos principales a tratar y los objetivos que perseguimos. Posteriormente, debido al uso que se ha realizado de los sistemas biométricos en el proyecto, haremos una breve introducción a la biometría, repasaremos sus inicios y a su vez, comentaremos su situación en la actualidad. También, se mencionarán las nuevas tecnologías como la telefonía móvil y NFC, y cómo se relacionan con la biometría. Además, se expondrán los conceptos de Accesibilidad y Usabilidad y su relación con la biometría.

Luego describiremos cual es el diseño y el desarrollo del proyecto, indicando el detalle del marco de la evaluación y el funcionamiento de la aplicación. Después, se aclararán las características de la evaluación de accesibilidad, incluyendo los usuarios, software (aplicación y algoritmos), hardware (sensor de huellas, cámara, móvil y tarjeta inteligente), escenarios, accesibilidad (interfaces y dispositivos) y documentos escritos (formularios y documento de conformidad).

Seguidamente, mencionaremos los experimentos que se han llevado a cabo, cómo se han desarrollado y los resultados obtenidos (rendimiento, accesibilidad y usabilidad). Además, se detallarán los inconvenientes que se han tenido en el desarrollo del mismo. Por último, daremos las conclusiones obtenidas y las posibles mejoras que se pueden realizar.



# Capítulo 2:

## Estado del Arte

En este apartado está incluido el estado del arte de la biometría, tecnología NFC, usabilidad, accesibilidad y los dispositivos móviles.

Este apartado comienza con una breve introducción y después viene detallado un repaso histórico hasta llegar a la situación actual.

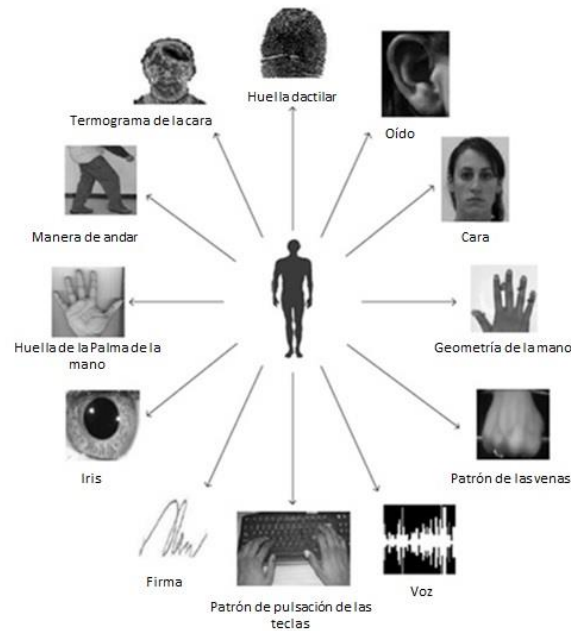
## 2.1. Biometría

En este apartado se detalla lo que es la biometría. Se muestra una breve introducción. Posteriormente se presenta la evolución de la biometría en el tiempo. A continuación se ve la clasificación de los sistemas biométricos y los grados de confianza de los mismos. Seguidamente se detalla los usos de la biometría en el proyecto y finalmente se muestra el estado del arte de la biometría en la actualidad.

### 2.1.1. Introducción a la biometría

*“La biometría es la ciencia que establece la identidad de un individuo basándose en las características físicas, químicas o conductuales de la persona”* [Akj07]. La biometría hace referencia a las tecnologías que miden y analizan las características del cuerpo humano, como el ADN, las huellas dactilares, la retina y el iris de los ojos, los patrones faciales o de la voz y las medidas de las manos.

Como se ve en la Figura 1, las huellas dactilares, la retina, el iris, los patrones faciales, venas de la mano o la geometría de la palma de la mano, representan ejemplos de características físicas (estáticas), mientras que entre los ejemplos de características del comportamiento se incluyen la firma, el paso y el tecleo (dinámicas). La voz se considera una mezcla de características físicas y del comportamiento.



**Figura 1. Algunas de las características biométricas del cuerpo humano [Akj07]**

Para que una característica física o de comportamiento de una persona sea considerada como tal debe cumplir una o varias de las siguientes condiciones, como se puede ver en la Figura 1:

1. **Universalidad:** Todo individuo debe poseer el rasgo.
2. **Unicidad:** El rasgo dado debe ser suficientemente diferente entre dos individuos.
3. **Permanencia:** El rasgo biométrico de un individuo debe ser suficientemente invariante durante un período de tiempo.
4. **Cuantificación:** Debe ser posible adquirir y digitalizar la característica biométrica.
5. **Rendimiento:** Esta característica expone la exactitud, la rapidez y la robustez alcanzada en la identificación de individuos por parte del sistema biométrico.
6. **Aceptación:** Indica el grado en que la gente está dispuesta a aceptar un sistema biométrico en su vida diaria.
7. **Fiabilidad:** Esta característica refleja cómo de difícil es burlar al sistema.

Estas condiciones sirven para aceptar o descartar algún rasgo como característica biométrica. Después de elegir una característica que cumpla las condiciones mencionadas anteriormente, es necesario imponer unas restricciones prácticas sobre el sistema que tendrá como misión recibir y procesar a estas características. Por ejemplo, las muestras de huellas dactilares adecuadas requieren de la cooperación del usuario, mientras que una imagen facial puede ser capturada por una cámara de vigilancia.

### 2.1.2. Historia de la Biometría

A continuación hablaré brevemente de la historia de la biometría y el reconocimiento biométrico con el objetivo de contextualizar mi trabajo. La biometría no se puso en práctica en las culturas occidentales hasta finales del siglo XIX, pero fue utilizada en China desde al menos el siglo XIV. En Occidente, para la identificación se confiaba simplemente en la “memoria fotográfica” hasta que Alphonse Bertillon, jefe del departamento fotográfico de la Policía de París, desarrolló un sistema antropométrico en 1883[Ber09] que se puede ver en la Figura 2.



Figura 2. Sistema de Bertillon [Ber09]

Éste era el primer sistema preciso, ampliamente utilizado científicamente para identificar a criminales y convirtió a la biometría en un campo de estudio. Funcionaba midiendo de forma precisa ciertas longitudes y anchuras de la cabeza y del cuerpo, así como registrando marcas individuales como tatuajes y cicatrices. El sistema de Bertillon se utilizó extensamente en occidente hasta que aparecieron defectos en el sistema – principalmente problemas con métodos distintos de medidas y cambios de medida. Después de esto, las fuerzas policiales occidentales comenzaron a usar la huella dactilar [Ber09].

El uso práctico de huellas dactilares como método de identificación de individuos ha sido utilizado desde finales del siglo XIX cuando Sir Francis Galton definió algunos de los puntos o características desde las cuales las huellas dactilares podían ser identificadas [Gal83]. Estos "puntos Galton" son la base para la ciencia de identificación por huella dactilar, la cual se ha expandido y efectuado una transición en el pasado siglo. La identificación por huella digital comienza su transición a la automatización a finales de los años 60. Con la llegada de los ordenadores, un subconjunto de los puntos Galton, ha sido utilizado para desarrollar la tecnología de reconocimiento automatizado de huellas dactilares.

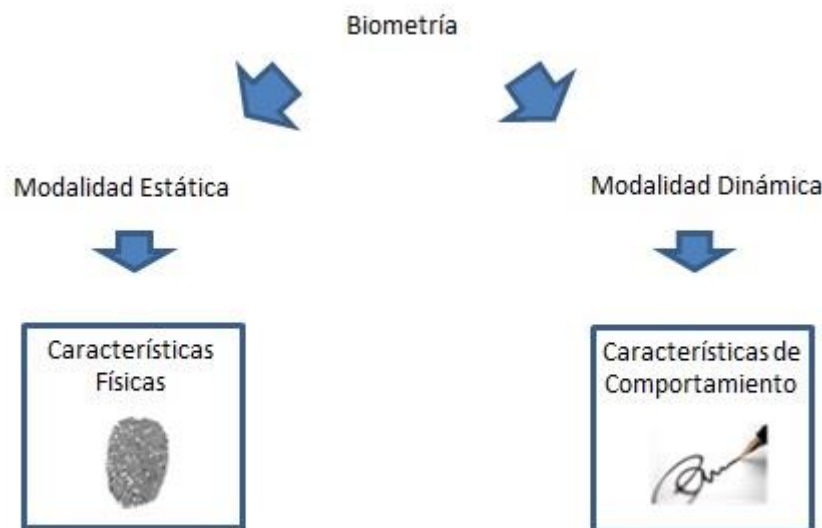
En 1969, hubo un empuje mayor por parte del Buró Federal de Investigaciones (FBI) para desarrollar un sistema para automatizar sus procesos de identificación por huellas dactilares, el cual rápidamente se había vuelto tedioso y requería de muchas horas para el proceso manual [Fbi15a].

Lockheed Martin fue seleccionado para construir el segmento AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*) del proyecto IAFIS del FBI y los componentes principales de IAFIS (*Integrated Automated Fingerprint Identification System*) estuvieron operativos para 1999 [Fbi15b]. Además, en esta época, los productos comerciales de verificación de huellas dactilares comenzaron a aparecer en varios controles de acceso para autenticarse.

A día de hoy, la biometría ha revolucionado el desarrollo de la seguridad, debido a su facilidad de uso y apoyada en una tecnología que ha alcanzado su madurez demostrando ser de alto rendimiento. Se presenta como uno de los sistemas más fiables para el control de acceso.

### 2.1.3. Clasificación de los diferentes sistemas biométricos

Como se puede apreciar en la Figura 3, se pueden diferenciar los sistemas biométricos en dos tipos: Modalidades estáticas o físicas y dinámicas o de comportamiento.



**Figura 3. Clasificación de la biometría por su tipo**

La medida de las características físicas de un individuo corresponde a la modalidad estática. Los principales estudios y aplicaciones de esta rama de la biometría están basados en los sistemas biométricos de huellas dactilares, geometría de la mano, iris, retina y reconocimiento facial.

Por el contrario la medida de los rasgos de comportamiento de un individuo forman parte de la modalidad dinámica y dentro de esta rama de la

biometría los principales estudios y aplicaciones están basadas en los sistemas de reconocimiento de voz y firma manuscrita principalmente.

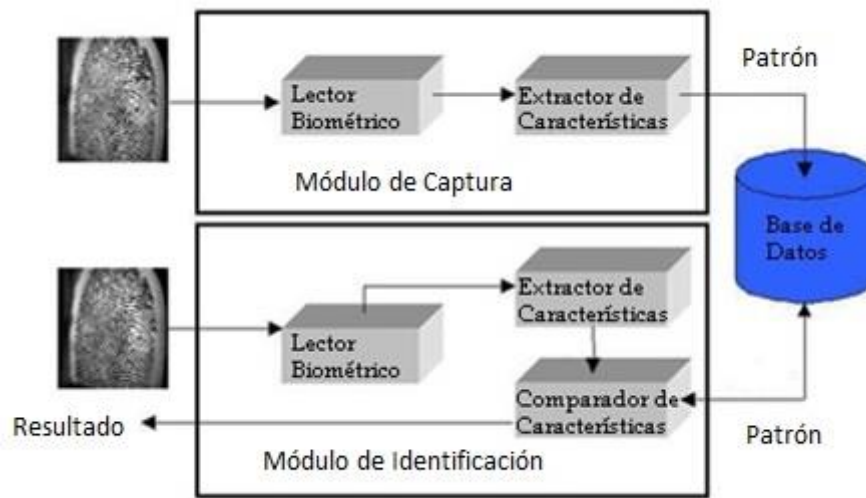
#### **2.1.4. Arquitectura y funcionamiento de los sistemas biométricos**

La arquitectura de un sistema biométrico puede entenderse conceptualmente como dos módulos: el Módulo de Captura y el Módulo de Identificación.

El módulo de captura se encarga de adquirir y almacenar la información proveniente de la característica biométrica con el objeto de poder contrastar esta información con la que será proporcionada en entradas posteriores al sistema. Las tareas ejecutadas por el módulo de captura las lleva a cabo el lector biométrico y el extractor de características. El primero se encarga de adquirir datos relativos de la característica biométrica elegida y entregar una representación en formato digital de éstos. El segundo extrae, a partir de la salida del lector, características representativas de la característica. Durante este proceso de recopilación de datos, es en donde se pueden presentar los primeros problemas. En primer lugar las muestras deben ser obtenidas mediante un sensor, por lo tanto, están sujetas a la calidad y características técnicas del sensor utilizado. Esto conlleva a que las características del sensor deberán ser estandarizadas a fin de garantizar que las muestras obtenidas de un usuario en diferentes sistemas sean compatibles. En cuanto al almacenamiento, existen varias formas de guardar los datos previamente recopilados y procesados. La organización de la estructura de los datos debe ser flexible, permitiendo su reestructuración, si fuese necesario.

El módulo de identificación es el responsable del reconocimiento de individuos. En primer lugar, el extractor de características crea una representación compacta con el mismo formato del patrón. La representación se denomina vector de características. Este vector de características es enviado al

comparador de características que compara a éste con uno o varios patrones para establecer la identidad. Se puede ver todo detallado en la Figura 4.



**Figura 4. Arquitectura del proceso biométrico [Ing00]**

El conjunto de procesos realizados en el módulo de captura se denominan fase de captura y los realizados en el módulo de identificación se denominan fase operacional. Un sistema biométrico en su fase operacional puede operar en dos modos: Modo de verificación y Modo de identificación.

Un sistema biométrico operando en el modo de verificación comprueba la identidad de un individuo comparando la característica sólo con los patrones del individuo. Esto conduce a una comparación 1:1 para determinar si la identidad reclamada por el individuo es verdadera o no.

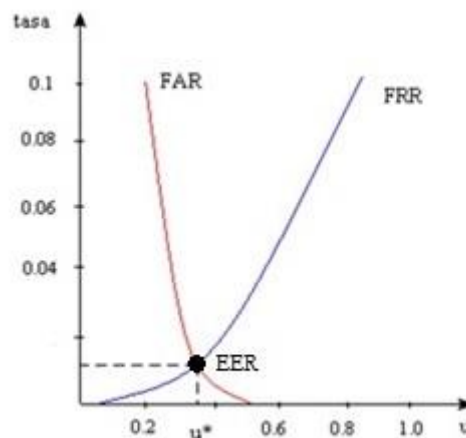
Un sistema biométrico operando en el modo de identificación reconoce a un individuo mediante una búsqueda exhaustiva en base de datos. Esto conduce a una comparación del tipo 1:N para establecer la identidad del individuo. En ambos casos es importante la exactitud de la respuesta. Sin embargo, para un sistema de identificación la rapidez también es un factor crítico. Un sistema de identificación necesita explorar toda la base de datos donde se almacenan los patrones, a diferencia de un sistema verificador.



### 2.1.5. Grado de confianza de los sistemas biométricos

Según la decisión que puede tomar un sistema biométrico se puede distinguir al individuo autorizado del impostor. El individuo autorizado es aquel que ha sido aceptado por el sistema biométrico y el impostor es aquel que ha sido rechazado. Sin embargo, todo sistema biométrico no es perfecto y puede darse el caso que sea aceptado un individuo que no debiese y viceversa.

El grado de confianza asociado a las diferentes decisiones puede ser caracterizado por la distribución estadística del número de personas autorizadas e impostores. En los sistemas de reconocimiento biométrico se establecen principalmente dos tasas de errores: Tasa de falsa aceptación o *False Acceptance Rate* (FAR) y Tasa de falso rechazo o *False Rejection Rate* (FRR). Se pueden ver representadas ambas tasas en la Figura 5.



**Figura 5. Ejemplo de curva donde se ven representadas la FAR, la FRR y la EER [Ing00]**

La FAR se define como la probabilidad con que un impostor sea aceptado como un individuo autorizado. La FRR se define como la probabilidad con que un individuo autorizado sea rechazado como un impostor. La FAR y la FRR están relacionadas y normalmente una FRR pequeña devuelve una FAR alta y viceversa. El grado de seguridad deseado se define mediante un umbral, un

número real que indica el mínimo grado permitido para autorizar el acceso del individuo.

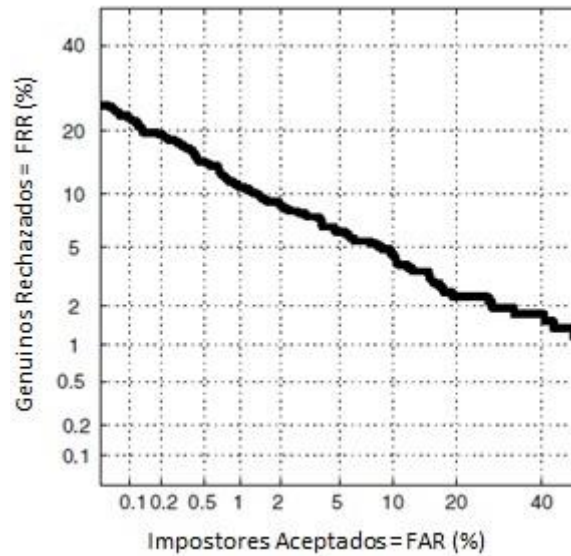
La tasa de error de intersección o *Equal Error Rate* (EER), indica el punto en el cual la FAR y la FRR tienen el mismo valor. Cuanto menor sea el valor del EER mayor es la precisión del sistema biométrico. Por lo general, la precisión de un sistema biométrico se cuantifica a través del gráfico de las Curvas ROC o de las Curvas DET:

- La Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), como se puede ver en la Figura 6, es una representación gráfica de los genuinos aceptados ( $1 - \text{FRR}$ ) frente a los impostores aceptados (FAR).



**Figura 6. Ejemplo de curva ROC**

- La Curva DET (*Detection Error Tradeoff*), como se puede ver en la Figura 7, es una representación gráfica de los genuinos rechazados (FRR) frente a los impostores aceptados (FAR).



**Figura 7. Ejemplo de curva DET** [AGT97]

### 2.1.6. Uso de la biometría en el PFC

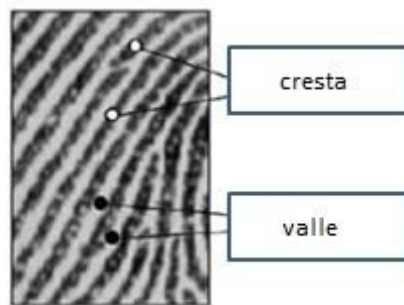
En este apartado se van a detallar los diferentes sistemas biométricos utilizados en el desarrollo del Proyecto Fin de Carrera.

#### 2.1.6.1. La Huella dactilar

La identificación por huella dactilar es una de las modalidades biométricas más conocidas. Gracias a su unicidad y permanencia, las huellas dactilares han sido utilizadas para la identificación desde hace más de un siglo. La identificación por huellas dactilares es popular por su cómoda adquisición.

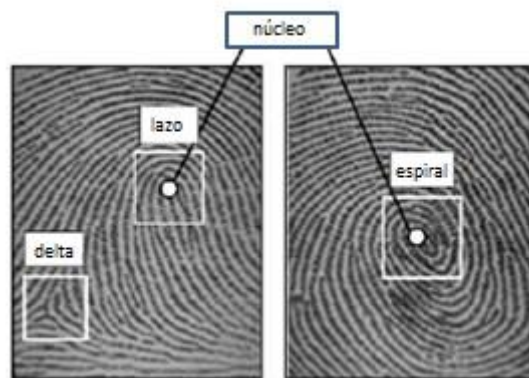
Como se puede ver en la Figura 8, una huella dactilar usualmente aparece como una serie de líneas oscuras que representan los relieves (la porción saliente de las crestas de fricción), mientras los valles entre estas crestas aparecen como espacios en blanco y están en bajo relieve (la porción subyacente de las crestas de fricción). La identificación por huella dactilar está basada principalmente en las minucias, o la ubicación y dirección de los finales y bifurcaciones

(separaciones) de las crestas a lo largo su trayectoria. Las minucias son esos mínimos detalles que se repiten en varios puntos de una huella y son únicos.



**Figura 8. Huella dactilar mostrando ejemplos de crestas y valles [Akj07]**

Como se puede ver en la Figura 9, una huella dactilar también contiene una serie de zonas características como son el lazo, la espiral y el delta.



**Figura 9. Huella dactilar mostrando varias zonas características, como el lazo, la espiral y el delta [Akj07]**

#### **2.1.6.2. La Firma manuscrita**

La escritura es un sistema de representación gráfica de una lengua, por medio de signos grabados o dibujados sobre un soporte. Es un método de comunicación humana que se realiza por medio de signos visuales que constituyen un sistema y ha estado presente en todas las culturas que han existido a lo largo de la historia. Pese a que la puesta en escena de nuevas tecnologías en almacenamiento y transmisión puede hacer pensar que la firma pasa a segundo

plano, en la actualidad el texto manuscrito sigue siendo la forma más natural y directa de registro de información.

Como modalidad biométrica, una de las ventajas de la firma manuscrita es que es adquirida fácilmente, ya sea con una pluma de tinta sobre una hoja de papel o por medios electrónicos con una serie de dispositivos basados en punteros. En función del procedimiento de adquisición de la firma se pueden diferenciar dos tipos:

- **La firma estática:** Los usuarios firman sobre papel y la introducción de la firma en un ordenador para su posterior análisis se lleva a cabo mediante un escáner o cámara de fotos. El momento de la firma no coincide con el de la adquisición.
- **La firma dinámica:** Los usuarios realizan su firma sobre un dispositivo digitalizado que adquiere la firma en tiempo real, simultáneamente durante su realización y almacena marcas de tiempo.

### 2.1.7. Biometría en la actualidad

En la actualidad, la biometría tiene cada vez más usos como se puede ver en varios ejemplos como el control de acceso a los puestos de trabajo a través de la huella dactilar, la protección de información confidencial en ficheros electrónicos o el acceso seguro a los ordenadores.

También es verdad que hay una serie de impedimentos que perjudican a su rápida expansión, como el coste o grado de intrusión y además el grado de desconfianza que aún genera a un sector de la población que prefiere lo conocido a lo desconocido. Generalmente, este sector de la población está formado por personas de avanzada edad o gente que no utiliza con asiduidad las nuevas tecnologías. Ahora su coste importa menos, si su precio puede llegar a evitar intrusión en las redes o a salvar vidas humanas.

Actualmente, en España aún no se encuentra muy extendido el uso de los sistemas biométricos, aunque poco a poco se está implantando y cada vez más personas ya los conocen o hacen uso diario de ellos. Con respecto a lo que depara el futuro, se puede decir con certeza es que la industria de la biometría crece cada vez más y eso repercutirá presumiblemente en la reducción de los costes por el incremento de compras.

## **2.2. Móviles y NFC**

En este apartado se van a detallar los dispositivos móviles y NFC, mostrando su uso en la biometría.

### **2.2.1. Móviles**

La telefonía móvil es la comunicación a través de dispositivos que no están conectados mediante cables. El medio de transmisión es el aire y el mensaje se envía por medio de ondas electromagnéticas. Para la comunicación se utiliza el teléfono móvil que es un dispositivo inalámbrico electrónico que se usa para acceder y utilizar los servicios de la red de telefonía móvil [Cel15]. La telefonía móvil básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones y los terminales que permiten el acceso a dicha red.

Los dispositivos móviles están desempeñando un papel significativo en la vida diaria, no sólo para las comunicaciones, sino también para el entretenimiento, actividades o relaciones sociales de trabajo. Además, con el elevado incremento del uso de los Smartphones y dispositivos móviles en la vida diaria, la cantidad de datos confidenciales que estos dispositivos almacenan está también en aumento. Esta situación lleva a la necesidad de proteger el acceso a dichos datos sensibles, y la biometría se ofrece como un mecanismo alternativo para dicha protección [MDS11].

Actualmente hay algunos dispositivos móviles que tienen integradas diversas modalidades biométricas para el desbloqueo del terminal, ofreciendo así, mayor comodidad para el usuario, evitando posibles usurpaciones a través de métodos de desbloqueo que no garantizan la autenticidad del usuario (como son el desbloqueo a través de pin o patrón). Lo más utilizado actualmente es el reconocimiento facial o el uso de la huella dactilar.

## 2.2.2. NFC

La comunicación de campo cercano o *Near Field Communication* (NFC), es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance (hasta 10 cm según las especificaciones) y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos. Los estándares de NFC cubren protocolos de comunicación y formatos de intercambio de datos [Cer15].

### 2.2.2.1. Funcionamiento y usos de la tecnología NFC

NFC es la unión de RFID y de tecnologías interconectadas. Trabaja en una frecuencia libre, lo cual implica que no se necesita ningún tipo de licencia para su utilización. Puede funcionar a diversas velocidades como 106, 212, 424 o 848 Kbit/s, por ello se puede deducir que está destinada a la comunicación instantánea, útil para la identificación y validación de equipos/personas. Entre los usos que se puede dar a la tecnología NFC se pueden destacar los siguientes:

- **Abono transporte:** Se valida acercando la tarjeta a un lector NFC. Se encuentra en expansión, actualmente se puede ver en las grandes ciudades.
- **Pago con el móvil:** Cada vez hay más bancos y establecimientos que facilitan el uso de las tarjetas NFC.
- **Información de transporte y turística:** Etiquetas de información tanto en las marquesinas como en los monumentos.

- **Transferencia de archivos entre móviles:** Aunque la velocidad de transferencia a través de NFC es menor que Bluetooth tiene la ventaja que no hace falta emparejar los dispositivos.
- **Acceso a oficinas:** Muchas oficinas ya se utilizan tarjetas NFC como alternativa a las tradicionales de banda magnética.

## 2.3. Usabilidad y accesibilidad

En este apartado se va a explicar los conceptos de usabilidad y accesibilidad mostrando su uso en el ámbito de la biometría.

### 2.3.1. Usabilidad

La Usabilidad según la norma ISO 9241-11 [ISO98] se define como *“el grado en que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”*. Para medir la usabilidad de un producto se tienen en cuenta los siguientes elementos:

- **Efectividad:** Es la medida de lo bien que un usuario puede realizar una tarea. Este factor tiene en cuenta los errores de los usuarios en el uso del producto.
- **Eficiencia:** Es la medida de la rapidez con que un usuario puede llevar a cabo el trabajo. Este factor tiene en cuenta el tiempo que utilizan los usuarios en usar el producto.
- **Satisfacción:** Es la medida de las impresiones que muestran los usuarios sobre el sistema. Este factor mide cuánto les gusta a los usuarios el producto.

Algunos proyectos conocidos que siguieron la norma ISO 9241-11 y la definición del NIST [TMS08] de usabilidad son el proyecto pasaporte del Reino Unido realizado por Atos [BTT05] y el HBSI desarrollado por la Universidad de



Purdue [KEP09]. Ambos proyectos comenzaron siguiendo las directrices del NIST de usabilidad y trataron de categorizar las principales medidas de usabilidad.

### 2.3.2. Accesibilidad

*“La accesibilidad es el grado en que los productos, sistemas, ambientes y servicios pueden ser utilizados por personas de una población con el rango más amplio de características y capacidades, para lograr un objetivo especificado en un contexto de uso”* [ISO11]. Para promover la accesibilidad se hace uso de ciertas facilidades que ayudan a salvar los obstáculos o barreras del entorno, consiguiendo que las personas con problemas de accesibilidad realicen la misma acción que pudiera llevar a cabo una persona sin ningún tipo de problema. Estas facilidades son llamadas ayudas técnicas. Entre éstas se encuentran por ejemplo el alfabeto Braille, el lenguaje de signos, las sillas de ruedas o las señales auditivas de los semáforos.

Aunque aún hay mucho por mejorar en este ámbito, hoy en día, hay sectores como la medicina, el transporte o la informática en los que se ha avanzado mucho para facilitar la vida a mucha gente con problemas de accesibilidad. Han sido publicadas recientemente una serie de medidas para evaluar la accesibilidad sobre los sistemas ICT (Tecnologías de Información y Comunicación o *Information and Communication Technologies*) que se encuentran en la norma europea EN 301 549 [CCE14].

Ejemplos de aplicación de accesibilidad a los productos ICT son varios Smartphones que incorporan aplicaciones con características de accesibilidad (por ejemplo Talkback en Android y VoiceOver en iOS, que ayuda a los usuarios con problemas visuales a saber lo que hay en la pantalla del Smartphone) que permiten a las personas usar la tecnología con fluidez como los usuarios sin problemas de accesibilidad.

### 2.3.2.1. Norma EN 301 549

Esta norma es el resultado de una medida política europea (Mandato 376), cuyo objetivo es tener requisitos de accesibilidad. La EN 301 549 fue publicada en febrero de 2014 [CCE14]. La norma contiene una serie de requisitos y recomendaciones aplicables a cualquier tipo de producto y servicio ICT.

La Cláusula 4 de la norma detalla los requisitos de las personas con problemas de accesibilidad. Con esto se pretende explicar el rendimiento funcional de las ICT permitiendo buscar, identificar y utilizar las funciones de las ICT, y acceder a la información proporcionada, independientemente de las capacidades físicas, cognitivas o sensoriales.

Los requisitos y recomendaciones de la norma están definidos en las cláusulas de la 5 a la 13. La estructura de la norma está basada en las características proporcionadas por el ICT, en vez de basarse en las categorías de los productos. Un aspecto relevante de la norma es que los requisitos del contenido web, los documentos no web y el software están basados en las *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.0 [CBC08], al aplicar la guía proporcionada por el Consorcio *World Wide Web* sobre cómo interpretar WCAG para las ICT no web [KPM13].

La norma incluye 11 requisitos de usuario, 213 requisitos y 26 recomendaciones. Dada la estructura basada en las características de la norma, el texto de cada requisito y recomendación comienza con una condición previa que indica cuando se aplica el requisito o recomendación. La gran cantidad de cláusulas hace difícil determinar qué requisitos de la norma pueden aplicar a cualquier producto ICT. Para simplificar todo esto, recientemente ha sido definido un planteamiento basado en un árbol de decisiones [MP14] [Mar13].

## Capítulo 3:

### Diseño y desarrollo del proyecto

En este apartado está incluido el diseño y el desarrollo del proyecto. Empezaremos con una explicación del planteamiento utilizado.

### **3.1. Introducción**

Esta parte incluye el diseño y el desarrollo del proyecto que se ha llevado a cabo en el Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Madrid (CRMF) [Crm15]. La evaluación se ha hecho siguiendo la ISO/IEC JTC 1/SC 37/19795 [ISO07] y la metodología desarrollada por Fernández-Saavedra [FAU10].

#### **3.1.1. Objetivos de la evaluación**

Este trabajo tiene varios objetivos, todos con el propósito final de contribuir a la mejora de la accesibilidad de los sistemas de reconocimiento biométrico:

- Reunir una base de datos de huellas y firmas con el objetivo de estudiar el rendimiento de los algoritmos.
- Estudiar la accesibilidad del sistema para los usuarios del CRMF y conocer los aspectos a mejorar.
- A partir de dicho estudio, conocer los requisitos de accesibilidad que debe cumplir una aplicación de estas características.

### **3.2. Planteamiento de la evaluación**

La evaluación se ha realizado sobre el uso de una aplicación móvil en la que se han realizado pagos ficticios con la ayuda del reconocimiento biométrico. A continuación se explican las características más importantes del diseño:

#### **3.2.1. Dispositivos a evaluar**

La aplicación está instalada en un terminal móvil. Además dicha aplicación utiliza un dispositivo biométrico conectado al móvil, un stylus que

incorpora el propio terminal móvil y una tarjeta sin contactos que simula un punto de venta con la que el móvil se comunica a través de la tecnología NFC.

### **3.2.2. Contexto de la evaluación**

Solo se plantea un escenario en la evaluación que simula un punto de venta. De esta forma, los elementos se disponen de acuerdo a las preferencias del usuario, siempre que el usuario pueda interactuar con ellos sin dificultad.

### **3.2.3. Equipos de recogida de datos**

Los datos que se han recogido además de los biométricos, han sido grabaciones en vídeo del proceso, impresiones de los usuarios por escrito y formularios que los usuarios han rellenado, también por escrito.

Se ha utilizado para las grabaciones una cámara de vídeo y adicionalmente un trípode. En todo momento las grabaciones están enfocadas hacia los dispositivos a evaluar viéndose únicamente los brazos/manos de los usuarios y los dispositivos. Gracias a esto, se han podido obtener conclusiones a posteriori que no se habían podido tener en cuenta en el momento de la evaluación. En cuanto a las huellas y firmas de los usuarios, han sido almacenadas directamente en el dispositivo móvil. Diariamente se realizaba una copia de seguridad tanto de estos datos de huellas y firmas, como de los videos grabados en la evaluación. Todos los datos que se han recogido han sido siempre con el consentimiento del usuario y bajo la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) [Lop15]. Un requisito para participar era firmar un documento de aceptación antes de comenzar el experimento.

### **3.3. Descripción del marco general de evaluación**

En este apartado se encuentran los requisitos generales que se han establecido para el desarrollo de la evaluación.

#### **3.3.1. Entrenamiento a los usuarios**

Los usuarios que han participado en la evaluación han sido instruidos en el manejo de los dispositivos móviles, del sensor de huella y de la firma manuscrita sobre móviles, de forma que les ha servido de primera toma de contacto. El entrenamiento está incluido en la aplicación a evaluar. El tiempo que duraba este entrenamiento no estaba definido a priori, sino que dependía del usuario en cuestión. Este entrenamiento finalizaba cuando se consideraba que el usuario había adquirido unos conocimientos mínimos para completar la evaluación sin problemas.

#### **3.3.2. Información de los procesos de la evaluación**

La información que se ha proporcionado a los usuarios sobre los test incluye el siguiente contenido:

- Información general del proceso de evaluación: Se ha ofrecido a los usuarios una idea general sobre la evaluación, qué objetivos se pretendían conseguir, y cuál iba a ser la participación del usuario en el proceso de evaluación.
- Implicaciones legales: Se les ha explicado a los usuarios el tratamiento que se iban a dar tanto a sus datos personales como a sus datos biométricos. También se les ha mostrado el formulario de aceptación que tenían que rellenar para su intervención dentro del proceso de evaluación.

- Número de sesiones y las condiciones en las que se iban a desarrollar: Se ha informado a los usuarios sobre las fechas y la duración de las sesiones.
- Grabaciones de la evaluación: Aunque en todo momento solo se mostrase los brazos del usuario en las grabaciones, el usuario debía darnos su consentimiento para poder realizar dichas grabaciones.

#### **3.3.2.1. Instrucciones a los usuarios**

Una vez que los usuarios aceptaron tomar parte en la evaluación y firmaron el formulario correspondiente, se les explicó de forma detallada todo el proceso de evaluación y las tareas que iban a tener que realizar en cada una de las fases. En una primera introducción se les describieron las fases de la evaluación y cómo se iban a desarrollar, aclarando las actividades que tendrían que desempeñar los usuarios en cada una de estas fases.

#### **3.3.2.2. Supervisión de los usuarios**

En la primera sesión se explicó detalladamente todos los pasos de la evaluación. Se intervino durante todo el experimento indicando y/o ayudando al usuario a completar el proceso.

#### **3.3.2.3. Identificación y datos de los usuarios**

Con el fin de poder analizar los datos correctamente, fue necesario llevar un orden en la obtención de las muestras y tener a su vez controlados los datos de los usuarios en todo momento. Para ello, dichos datos se almacenaron previamente y se le asignó a cada usuario un número identificativo.

### **3.3.3. Datos de los usuarios**

Los datos personales que se han tenido en cuenta para almacenar por cada uno de los usuarios han sido los siguientes:

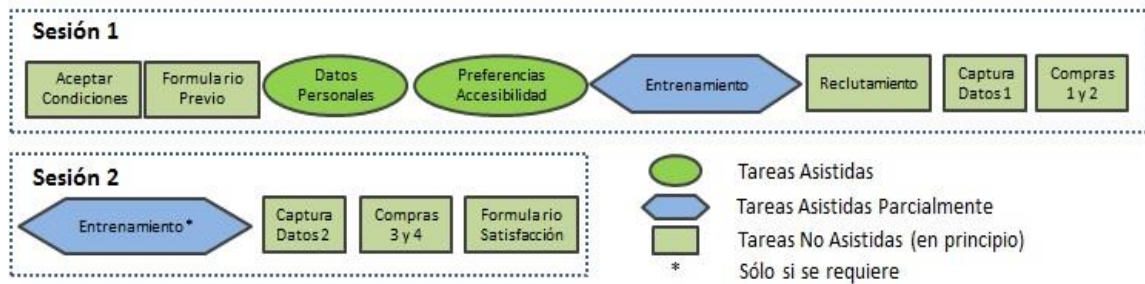
- Nombre y apellidos
- Sexo
- Edad
- Nivel de estudios
- Lateralidad
- Problemas de accesibilidad de forma detallada
- Alguna otra característica que pudiese ser relevante para el proceso de evaluación.

Toda esta información fue recogida durante el reclutamiento. Solamente la información necesaria para el análisis de los datos y el proceso de identificación fue asociada con las firmas. Dicha asociación fue realizada por medio del identificador de usuario.

### **3.3.4. Sesiones**

Los usuarios acudieron a realizar la evaluación en dos visitas que se han denominado “sesiones”, que han tenido que sucederse en días diferentes. En concreto transcurrió al menos una semana entre las dos sesiones. En la Figura 10 se muestra un diagrama de flujo de toda la evaluación, cuyas fases son: preferencias de accesibilidad (Figura 11), entrenamiento (Figura 12), reclutamiento (Figura 13), captura de datos (Figura 14) y compra (Figura 15).





**Figura 10. Fases de la Evaluación**

### 3.3.5. Fases de la evaluación

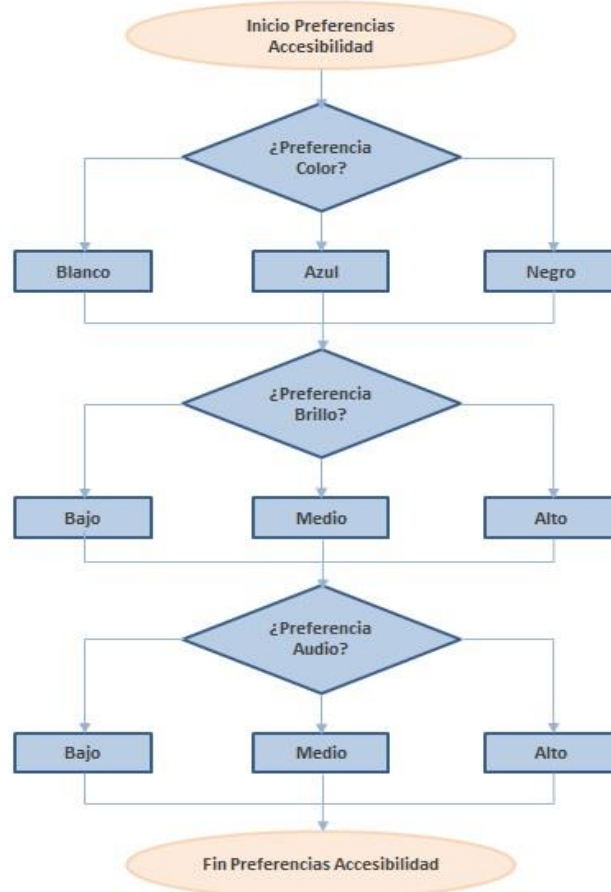
La evaluación se puede distinguir en varias fases: Preferencias de Accesibilidad, Entrenamiento, Reclutamiento, Captura de muestras de datos y Compras.

#### 3.3.5.1. Preferencias Accesibilidad

Antes del entrenamiento, los usuarios tenían que elegir entre una serie de opciones que se facilitaban sobre la interfaz de la aplicación. En primer lugar, debían elegir entre 3 fondos de color de la interfaz de la aplicación móvil. Antes de elegir sus preferencias, podían observar una pre visualización de cada opción.

Después, debían elegir entre 3 niveles distintos de brillo de la pantalla. Al igual que con los colores, tenían una pre visualización de cada opción para así seleccionar el que quisiesen.

Por último, debían seleccionar el volumen de los mensajes de la aplicación. En la Figura 11 se puede apreciar el diagrama de flujo del entrenamiento.

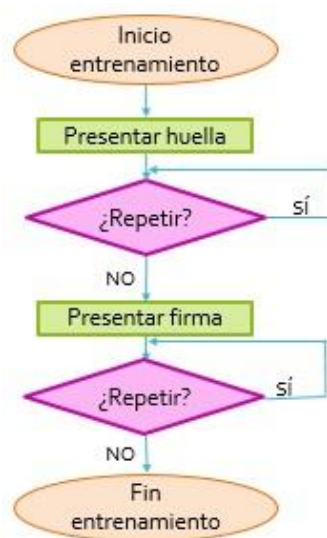


**Figura 11. Preferencias de Accesibilidad**

### 3.3.5.2. Entrenamiento

El entrenamiento fue la primera toma de contacto de los usuarios con el sistema y sirvió para que adquiriesen suficiente destreza para completar el proceso. El tiempo empleado en el entrenamiento variaba en función de lo que necesitase el usuario para practicar y las muestras obtenidas no quedaban registradas. El usuario tenía la opción de practicar tantas veces como necesitase la modalidad de la huella. Se le aconsejaba en todo momento que practicara con todos los dedos con los que se iba a realizar la evaluación. Los dedos que se utilizaban eran el dedo índice y corazón de ambas manos siempre y cuando era posible (el usuario tuviese esos dedos).

Cuando el usuario se veía preparado, se pasaba a la modalidad de la firma. Al igual que en el entrenamiento de huella, se podía practicar tantas veces como considerase el usuario. Se aconsejaba al usuario que realizase la misma firma que normalmente haga en papel. Cuando se creía conveniente y el usuario se veía preparado se finalizaba el entrenamiento para así pasar a la fase de reclutamiento. Esta fase es muy importante ya que en el reclutamiento se guardan los patrones que serán con los que comparemos el resto de muestras. En la Figura 12 se puede apreciar el diagrama de flujo del entrenamiento.



**Figura 12. Diagrama de flujo del entrenamiento**

### 3.3.5.3. Reclutamiento

En el reclutamiento se capturaban las muestras que servían como patrón para cada usuario, por lo que fue realizado de forma muy controlada ya que era importante que no se produjesen errores. Se podían capturar un número de huellas entre 2 y 5 y se comparaban entre ellas hasta que dos eran lo suficientemente similares (según el algoritmo de reconocimiento de huella utilizado), entonces se guardaba la primera muestra como patrón del usuario. Este proceso se repetía para los dedos índice y corazón de cada mano siempre y cuando era posible (el usuario tuviese esos dedos). Se eligieron 2 huellas como patrones ya que eran suficientes para realizar las comparaciones biométricas

necesarias y a la vez no eran demasiadas como para producir cansancio en el usuario.

Para el caso de firma manuscrita se eligieron cinco firmas ya que eran suficientes para realizar las comparaciones biométricas necesarias y a la vez no eran muchas como para producir cansancio en el usuario. Si el reclutamiento por huella no podía ser completado se realizaba el experimento únicamente con firma y viceversa. Si ninguno de los dos reclutamientos podía completarse el usuario no podía participar en la evaluación. En la Figura 13 se puede apreciar el diagrama de flujo del Reclutamiento.

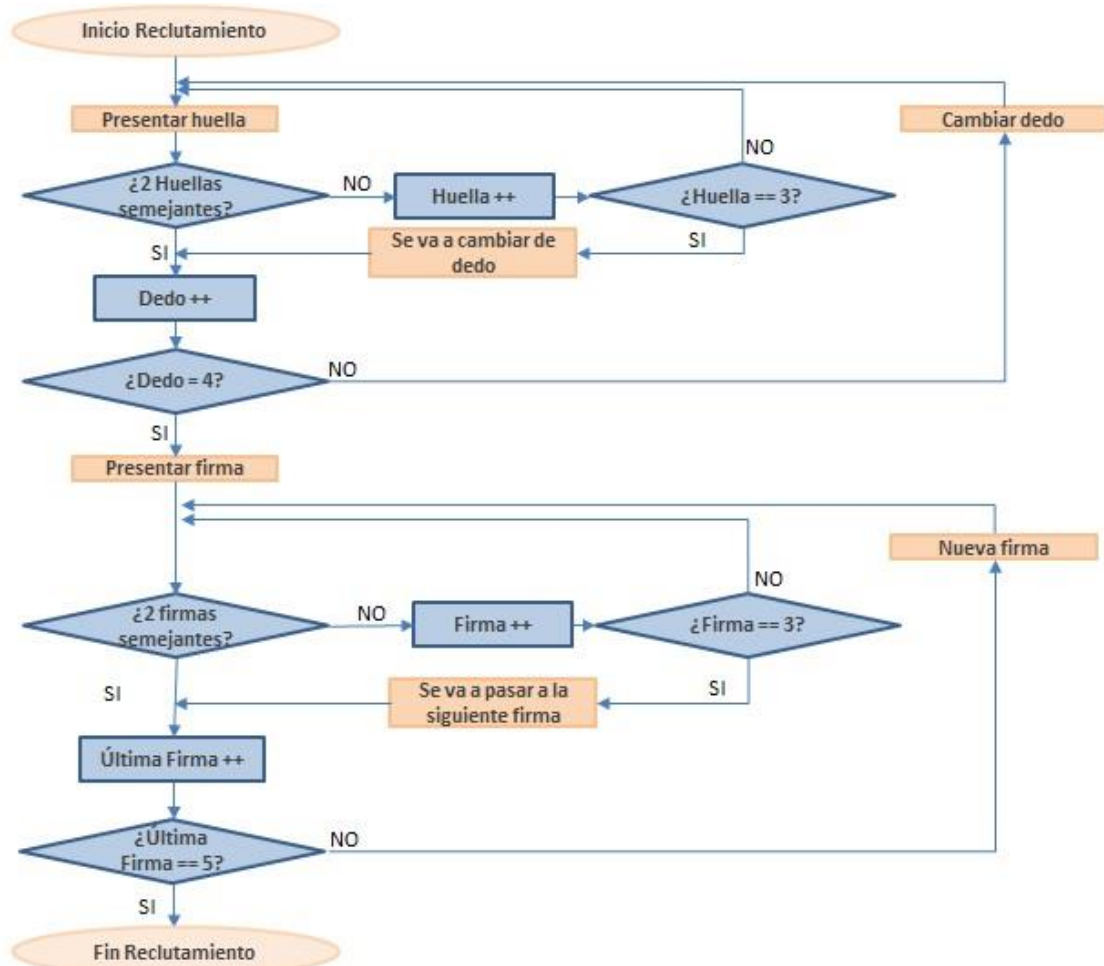


Figura 13. Diagrama de flujo del reclutamiento

### 3.3.5.4. Captura de muestras

En la captura de muestras se realizó un proceso similar al del reclutamiento pero se capturaban más muestras. En primer lugar se tomaron muestras de huellas hasta obtener 5 correctas (semejantes a los patrones guardados en el reclutamiento) de cada huella que se había reclutado y a continuación el usuario realizaba firmas hasta obtener 10 correctas, se repetía cada huella o cada firma como máximo 3 veces si la comparación no era exitosa. En el caso que se excediese el número de intentos se cambiaba al siguiente dedo o la siguiente firma. En la Figura 14 se puede apreciar el diagrama de flujo de la captura de muestra de datos.

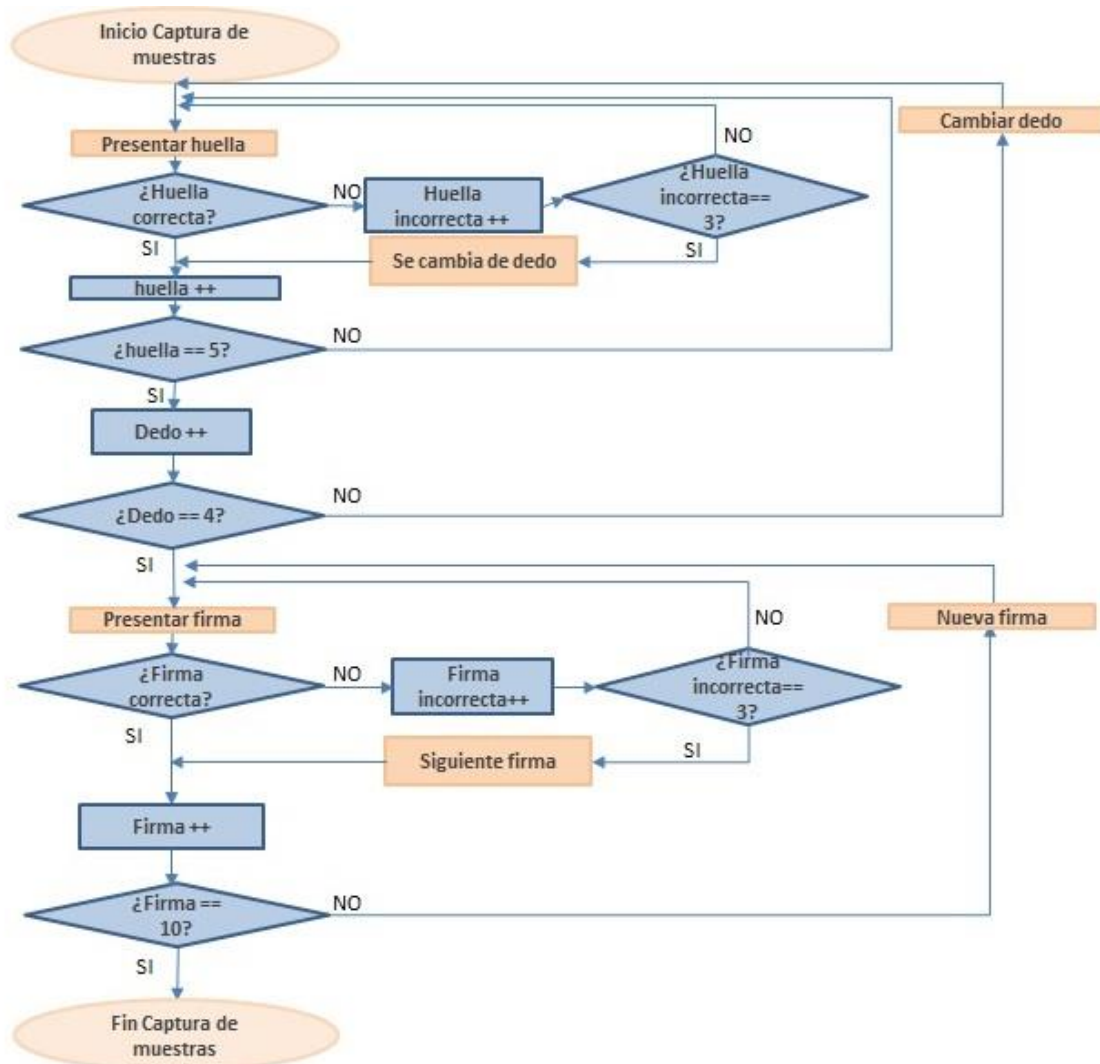


Figura 14. Diagrama de flujo de la Captura de muestras

### 3.3.5.5. Compras

Para comenzar la compra el usuario debía acercar el terminal móvil a la tarjeta que simulaba el punto de venta, entonces cuando el terminal móvil la reconocía, el usuario elegía si la verificación se realizaba con firma o con huella. Cuando el usuario optaba por una modalidad u otra tenía tres oportunidades para obtener una muestra correcta. En el caso de que se llegase a la tercera comparación sin un resultado con éxito, no se realizaba la compra terminaba la compra. Si se conseguía una muestra correcta, se confirmaba la compra a través de la tarjeta que simulaba el punto de venta acercando de nuevo el terminal móvil a la tarjeta inteligente. En la Figura 15 se puede apreciar el diagrama de flujo de una compra.

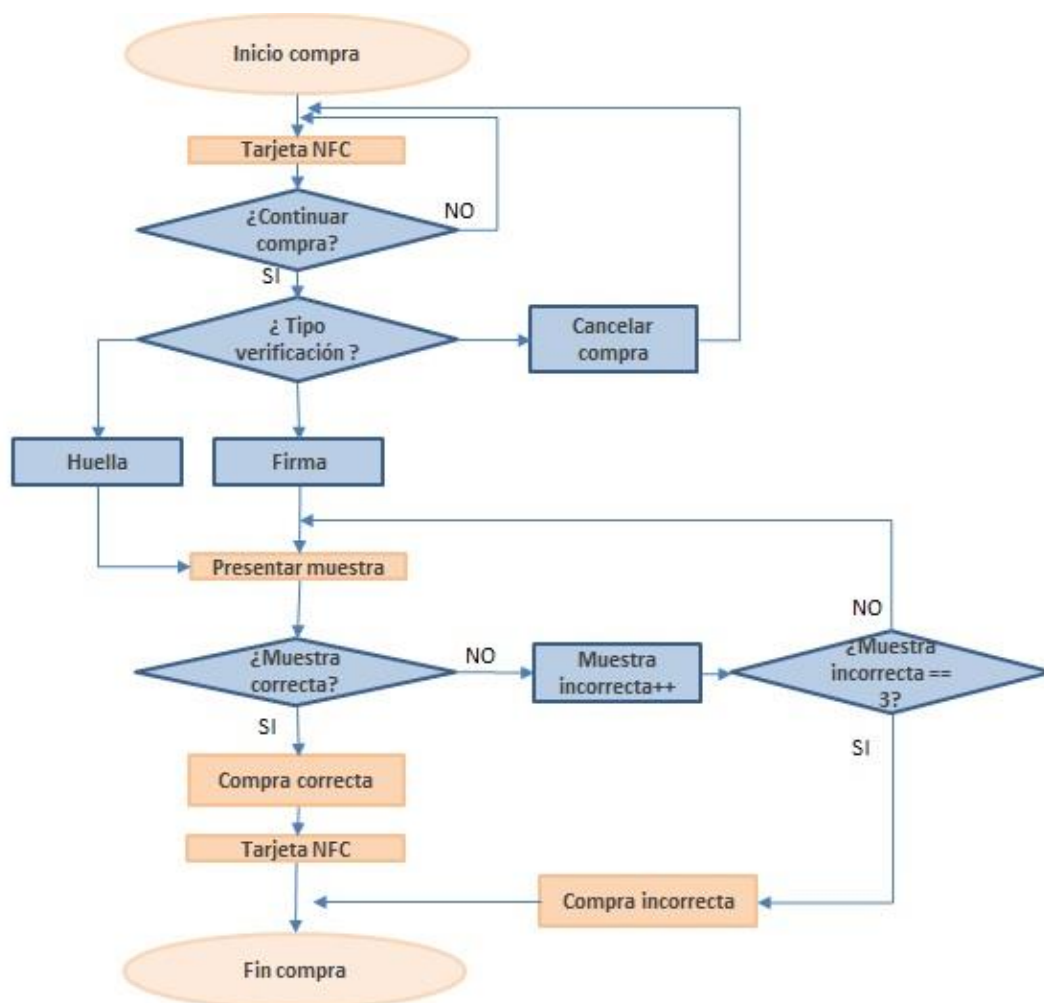


Figura 15. Diagrama de flujo de la compra

### **3.4. Comprobaciones en las sesiones**

Analizadas las dos sesiones desde el punto de vista del usuario, también hay que indicar los pasos que se han tenido en cuenta para que las sesiones fuesen correctamente sin incidencias, tanto antes de las sesiones, como a posteriori. En una evaluación de estas características es muy necesario tener en cuenta todos los detalles ya que cualquier pequeño percance puede afectar en el experimento de forma considerable. Para que no se produjese ningún contratiempo y así se evitasen posibles errores se controlaron de forma minuciosa estos pasos antes, durante y después de las sesiones.

#### **3.4.1. Pre Sesión**

Antes de acudir al CRMF el operario debía realizar unas comprobaciones para evitar posibles contratiempos:

1. Comprobación de que se contaba con batería suficiente en el dispositivo móvil y en la cámara.
2. Comprobación de que se llevaba al CRMF los dispositivos necesarios para la evaluación: la cámara, el trípode, el terminal móvil, el lector de huella y la tarjeta inteligente.
3. Comprobación que se contaba con copias suficientes de los formularios y documentos de aceptación que debían rellenar los usuarios.

#### **3.4.2. Sesión 1**

Durante la Sesión 1 se debían realizar unas comprobaciones para evitar posibles contratiempos:

1. Se ha informado detalladamente al usuario acerca del proceso.
2. Se ha informado al usuario sobre el tratamiento de la información legal de sus datos personales.

3. Se ha informado al usuario sobre el número de sesiones que conlleva la evaluación.
4. Comprobación que el usuario ha rellenado el formulario aceptación y cuestionario inicial con los datos personales (en el caso de que no hubiese hecho falta ayudarlo a ello).
5. Se ha preguntado preferencia modal (Huella o firma).
6. Colocación de la cámara para el grabado de la evaluación.
7. Comienzo de la grabación para comienzo del entrenamiento.
8. Se ha anotado si es el usuario el que maneja en todo el terminal móvil.
9. Verificación de que cuando ha estado preparado comience con la fase del reclutamiento.
10. Realización de la captura de datos.
11. Realización de las 2 compras.
12. Finalización de la grabación.
13. Anotación de cualquier molestia o recomendación del usuario.
14. Comprobación de que se ha guardado la grabación correctamente.
15. Comprobación de que se cuenta con el formulario aceptación y cuestionario inicial con los datos personales.
16. Comprobación de que se ha quedado con el usuario en 1 semana para la sesión 2.
17. Verificación de que se ha limpiado el lector de huella para el próximo usuario.

### **3.4.3. Sesión 2**

Durante la Sesión 2 se debían realizar unas comprobaciones para evitar posibles contratiempos:

1. Colocación de la cámara para grabar la evaluación.
2. Se ha recordado en el caso que ha sido necesario el proceso al usuario.



3. Comienzo de la grabación para que se empiece el entrenamiento o la captura de datos.
4. Realización de la captura de datos.
5. Realización de las 2 compras.
6. Finalización de la grabación.
7. Comprobación de que se ha guardado la grabación correctamente.
8. Se ha facilitado al usuario el cuestionario final para que lo rellene en el caso que hubiese hecho falta ayudarlo a ello.
9. Comprobación de que se cuenta con el cuestionario final relleno correctamente.
10. Verificación de que se ha limpiado el lector de huella para el próximo usuario.

#### **3.4.4. Post Sesión**

Después de acudir al CRMF se debían realizar unas tareas y comprobaciones para las próximas sesiones:

1. Realización de una copia de seguridad de lo que se ha grabado en la cámara durante las sesiones del día. Además, se realizó una copia de seguridad en el móvil con una carpeta que guardaba la información de la base de datos creada durante las sesiones del día con una nomenclatura “BBDD\_DD\_MM\_YYYY”.
2. Comprobación de que la copia está correctamente realizada.
3. Se realizaba una copia de lo guardado adicionalmente en el ordenador.
4. Se realizaba la carga del móvil y de la cámara de video para su próxima grabación.
5. Se guardaba en un sitio seguro: la cámara, el trípode, el terminal móvil, el lector de huella y la tarjeta inteligente. Además se guarda junto a los dispositivos los formularios y los documentos de aceptación.

## Capítulo 4:

### Características de la Evaluación de Accesibilidad

En este apartado están incluidas las características de la evaluación de accesibilidad. Daremos todos los detalles específicos de la elección de todos los aspectos que han influido en el proyecto.

## **4.1. Introducción**

Esta parte incluye las características principales de la evaluación de accesibilidad. Se detallan las características de los usuarios, del software, del hardware, del escenario, de accesibilidad del proyecto y los documentos utilizados.

## **4.2. Características de los usuarios**

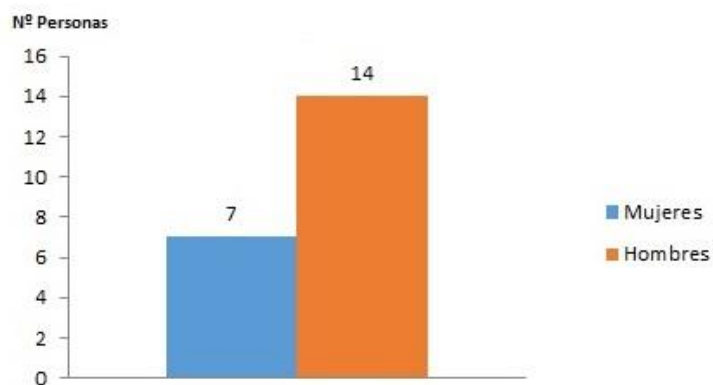
Los usuarios a los que va dirigido la evaluación son todas aquellas personas con problemas de accesibilidad. Para ello, se ha llevado a cabo dicha evaluación a todas las personas relativas al CRMF con problemas de accesibilidad que han querido y han podido participar en la evaluación. Adicionalmente, se ha realizado la evaluación a otras personas sin problemas de accesibilidad para así ampliar el marco, tener un volumen más extenso de muestras y comparar los resultados obtenidos con los usuarios con problemas de accesibilidad. Distinguimos las características de los usuarios dividiéndolos en dos grupos: Usuarios CRMF y usuarios no CRMF. A continuación, veremos las características de los usuarios.

### **4.2.1. Usuarios CRMF**

La evaluación se ha realizado a un total de 21 usuarios con diversos problemas de accesibilidad. Todos ellos se han ofrecido voluntarios para la evaluación. No son muchos debido a la dificultad de encontrar usuarios de estas características. Las características que hemos obtenido sobre ellos son las siguientes:

#### 4.2.1.1. Género

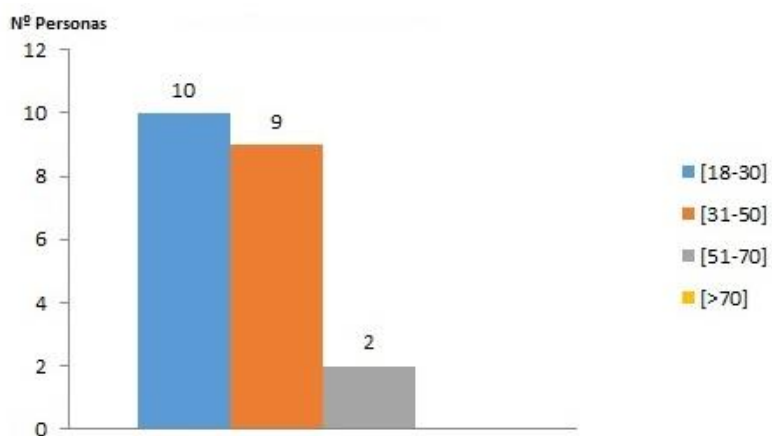
Como se puede apreciar en la Figura 16, hay un total de 21 usuarios evaluados, entre los que 7 son mujeres y 14 son hombres.



**Figura 16. Género de los usuarios CRMF**

#### 4.2.1.2. Intervalos de edad

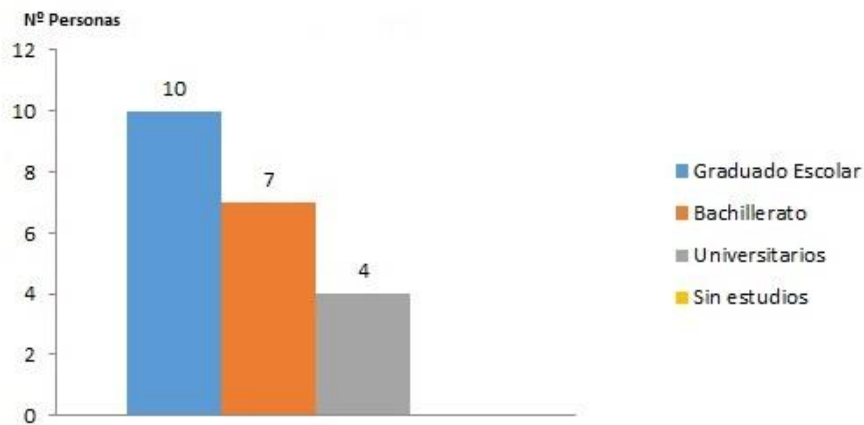
Los rangos de edad de los usuarios se dividieron en 4 intervalos: de 18 a 30 años, de 31 a 50 años, de 51 a 70 años y por último de mayores de 70 años. No hubo usuarios voluntarios mayores de 70 años (Figura 17):



**Figura 17. Intervalos de Edad CRMF**

#### 4.2.1.3. Estudios

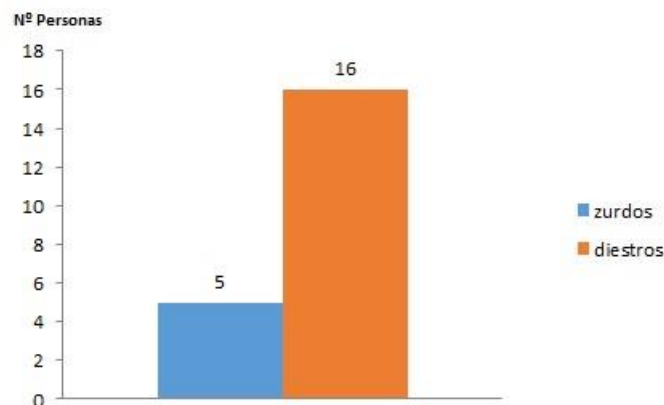
Las categorías de estudios entre las que podían elegir los usuarios eran: Sin estudios, graduado escolar, bachillerato y universitarios. En este caso no hubo usuarios sin estudios (Figura 18):



**Figura 18. Estudios de los usuarios del CRMF**

#### 4.2.1.4. Lateralidad

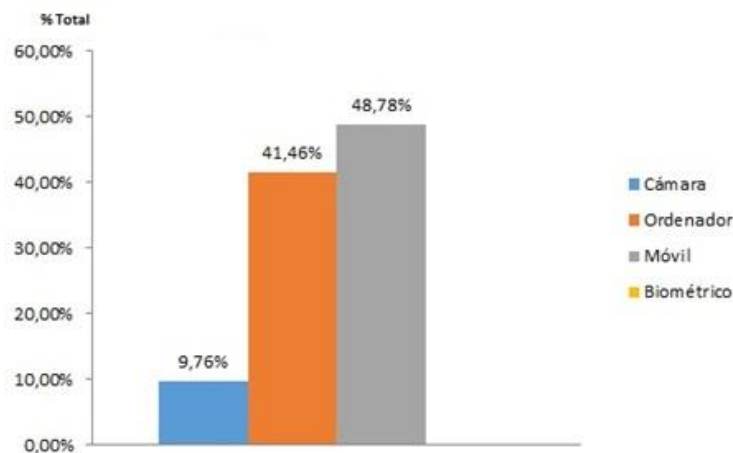
Con respecto a la lateralidad o la mano predominante que tiene el usuario, se puede apreciar en la Figura 19 que participaron 16 usuarios que eran diestros y 5 que eran zurdos.



**Figura 19. Lateralidad CRMF**

#### 4.2.1.5. Familiaridad con la tecnología

En este apartado se puede ver la familiaridad de los usuarios con la tecnología. Se facilitaban las siguientes opciones: Cámaras, ordenadores, móviles y sistemas biométricos. En este caso, los usuarios podían elegir varias opciones a la vez por lo que los resultados obtenidos han sido el tanto por ciento sobre el total de las opciones (Figura 20). Cabe destacar que ningún usuario estaba familiarizado con los sistemas biométricos.

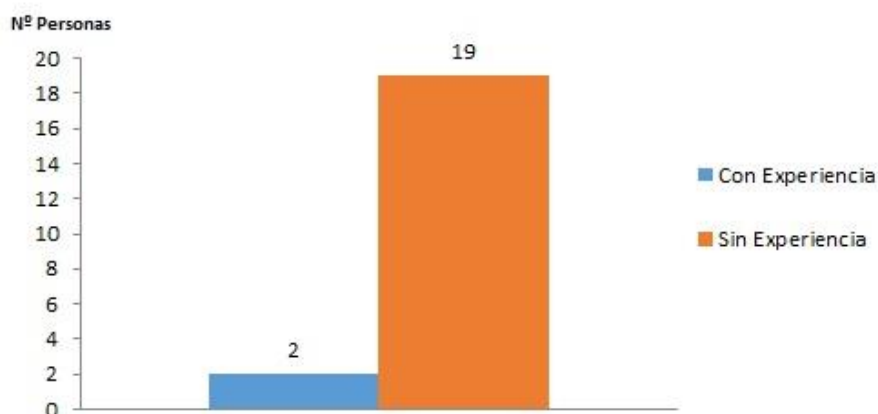


**Figura 20. Familiaridad con la tecnología de los usuarios del CRMF**

#### 4.2.1.6. Experiencia con la biometría

Como se ha señalado, ninguno de los usuarios había estado familiarizado con los sistemas biométricos. Sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 21, había 2 usuarios que ya habían tenido una experiencia con la biometría antes la evaluación. Las diferentes experiencias previas con la biometría que tuvieron los 2 usuarios fueron:

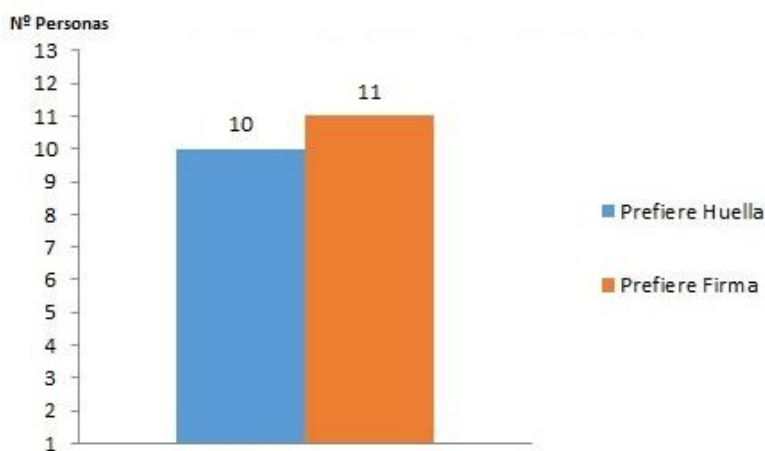
- 1 usuario para renovar/sellar el paro.
- 1 usuario para el desbloqueo del móvil.



**Figura 21. Experiencia previa con la Biometría de los usuarios del CRMF**

#### 4.2.1.7. Preferencia modal

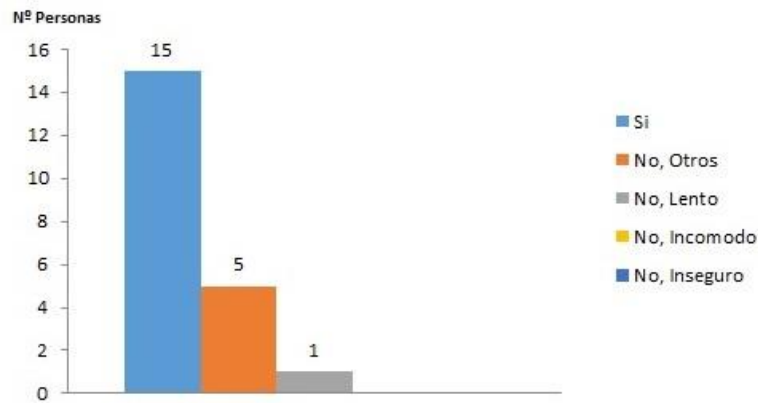
La preferencia modal previamente a la evaluación estaba bastante dividida (Figura 22):



**Figura 22. Preferencia modal CRMF**

#### 4.2.1.8. Desbloqueo móvil/ordenador mediante la biometría

Se les cuestionó a los participantes previamente a la evaluación si utilizarían la biometría para desbloquear su móvil y/u ordenador. Estas fueron las opciones y las respuestas de los usuarios (Figura 23):



**Figura 23. Uso biometría para desbloqueo móvil/ordenador CRMF**

Entrando más en detalle sobre los motivos de los 5 usuarios que no utilizarían la biometría para desbloquear el móvil y/o el ordenador:

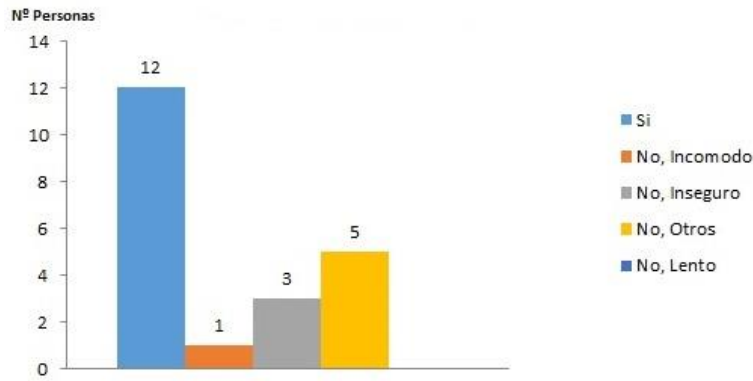
- 2 usuarios argumentaron que desconocían el sistema.
- 1 usuario le parecía confuso.
- 1 usuario prefería probar primero el sistema.
- 1 usuario se sentía cómodo sin la biometría.

Ningún usuario rechazaba la opción de desbloquear el móvil y/u ordenador a través de la biometría por motivos de inseguridad o motivos de incomodidad.

#### **4.2.1.9. Pagos mediante la biometría**

Se les consultó a los participantes previamente a la evaluación si utilizarían la biometría para realizar pagos y/o retirar dinero de un cajero. Estas fueron las opciones y las respuestas de los usuarios (Figura 24):





**Figura 24. Uso biometría para pagos y extracción dinero CRMF**

Entrando más en detalle sobre las causas de los 5 usuarios que no la usarían por otros motivos:

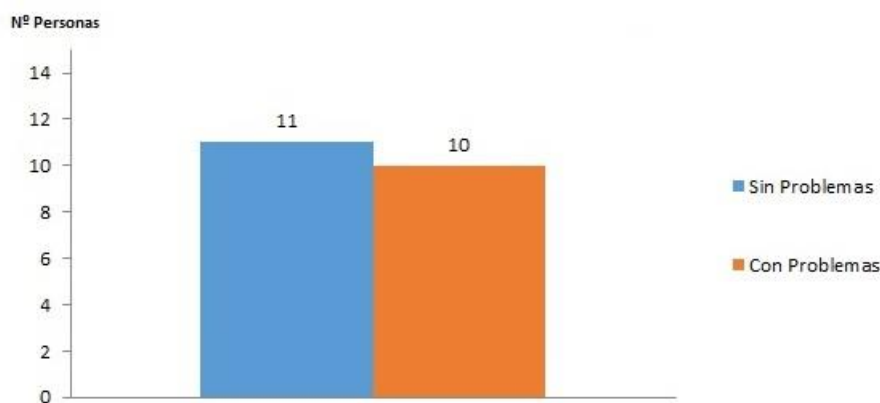
- 3 usuarios argumentaron que desconocían el sistema.
- 2 usuarios preferían probar primero el sistema.

Ningún usuario rechazaba la opción de realizar pagos y/o retirar dinero de un cajero a través de la biometría por motivos de lentitud.

#### **4.2.1.10. Problemas de Accesibilidad**

Había un total de 11 usuarios sin problemas en las manos y/o dedos, y 10 que si tenían problemas en las manos y/o dedos (Figura 25). Los diferentes problemas que tenían los usuarios eran los siguientes:

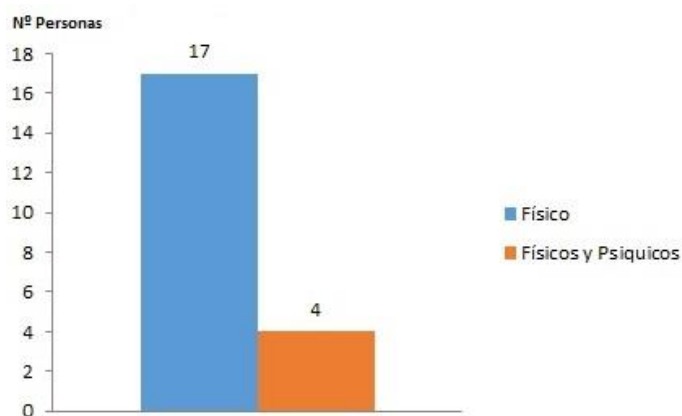
- 3 usuarios no podían usar el brazo derecho.
- 2 usuarios tenían temblores en las manos.
- 3 usuarios tenían problemas de fuerza en los brazos.
- 1 usuario tenía una lesión del plexo braquial.
- 1 usuario tenía una hemiplejía en el brazo izquierdo.



**Figura 25. Usuarios con problemas en las manos/dedos CRMF**

17 usuarios contaban con problemas de accesibilidad físicos y 4 tenían problemas de accesibilidad físicos y psíquicos (Figura 26). Entrando más en detalle, los diferentes problemas de accesibilidad físicos que tenían los usuarios eran los siguientes:

- 8 usuarios se desplazaban en silla de ruedas.
- 1 usuario tenía una lesión del plexo braquial.
- 1 usuario tenía una hemiplejía en el brazo izquierdo.
- 3 usuarios tenían inmovilizado el brazo derecho.
- 3 usuarios tenían problemas de movilidad en las piernas.
- 3 usuarios tenían problemas de fuerza en los brazos.
- 2 usuarios tenían problemas de visión.



**Figura 26. Problemas de Accesibilidad CRMF**

### 4.2.2. Usuarios no CRMF

La evaluación se ha realizado a un total de 12 usuarios sin problemas de accesibilidad. Todos ellos se han ofrecido voluntarios para la evaluación. Las características que hemos obtenido sobre ellos son las siguientes (para los usuarios que no son del CRMF no existe la categoría de problemas de accesibilidad):

#### 4.2.2.1. Género

Hay un total de 12 usuarios evaluados (Figura 27), entre los que 3 son mujeres y 9 son hombres.

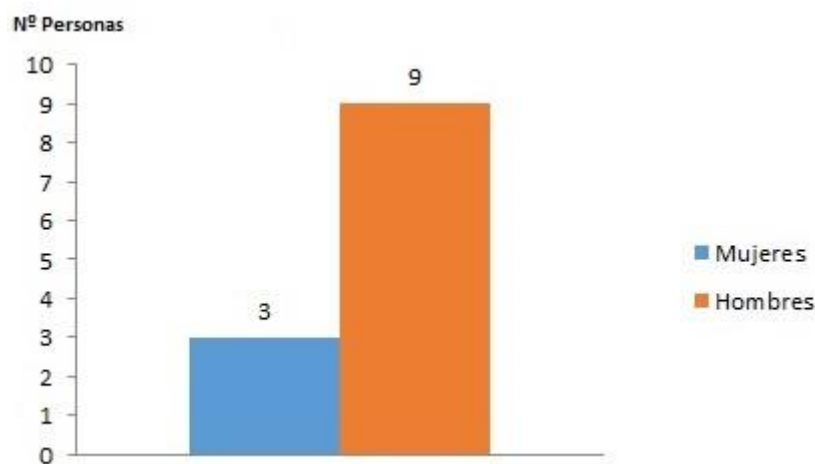
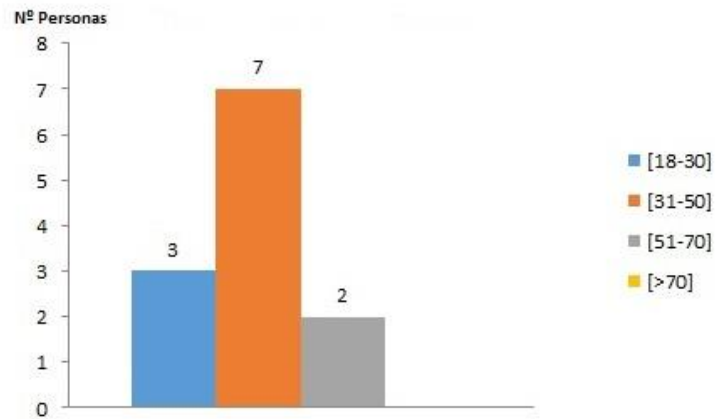


Figura 27. Género no CRMF

#### 4.2.2.2. Intervalos de edad

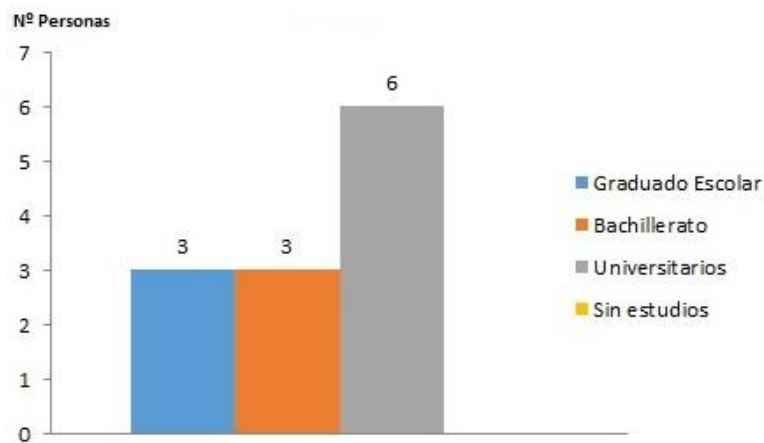
No se consiguieron usuarios voluntarios con la edad comprendida de mayores de 70 años (Figura 28):



**Figura 28. Intervalos de Edad de los usuarios no CRMF**

#### 4.2.2.3. Estudios

En este caso no se pudo contar con usuarios sin estudios (Figura 29).



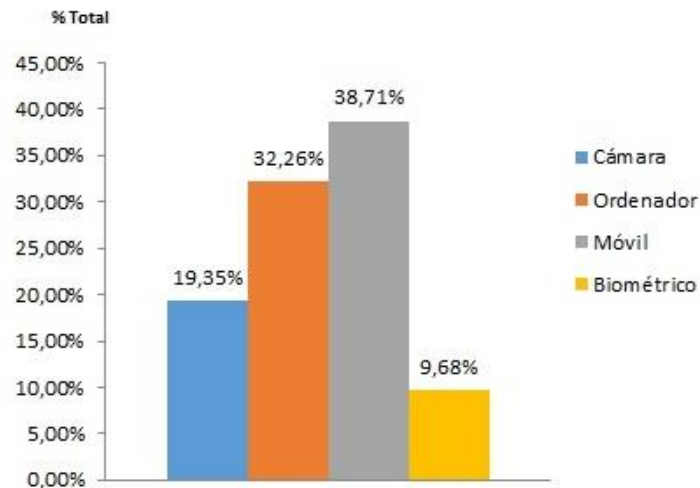
**Figura 29. Estudios de los usuarios no CRMF**

#### 4.2.2.4. Lateralidad

Con respecto a la lateralidad o la mano predominante que tiene el usuario, todos los usuarios eran diestros.

#### 4.2.2.5. Familiaridad con la tecnología

A diferencia de los usuarios del CRMF, un 9,68 % sobre el total de usuarios sin problemas de accesibilidad estaban familiarizados con los sistemas biométricos (Figura 30):

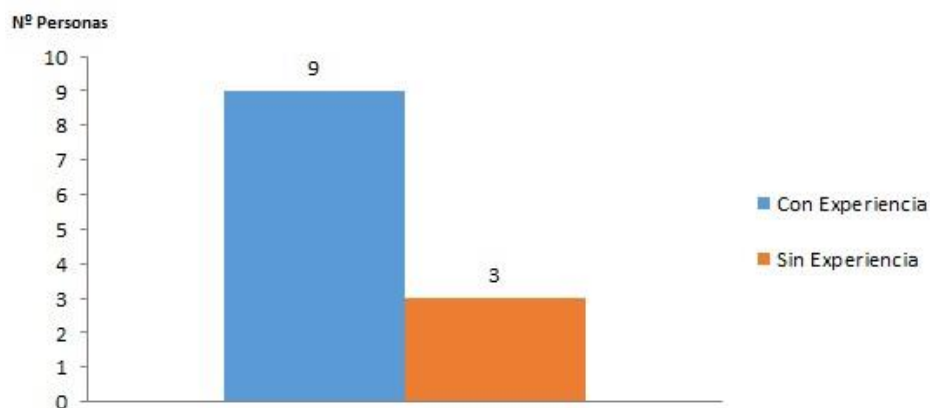


**Figura 30. Familiaridad con la tecnología no CRMF**

#### 4.2.2.6. Experiencia con la biometría

Un total de 9 usuarios ya habían tenido una experiencia con la biometría antes la evaluación. Por el contrario, había 3 usuarios no habían tenido una experiencia previa con la biometría (Figura 31). Las diferentes experiencias previas con la biometría que tuvieron los 9 usuarios fueron:

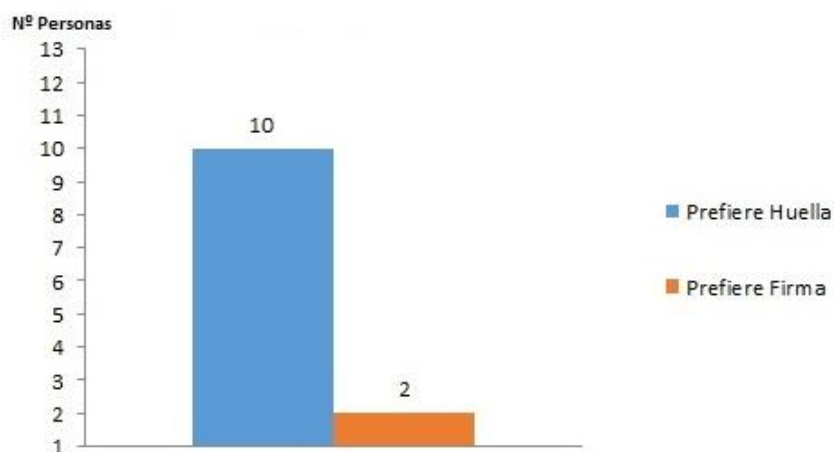
- 8 usuarios para la entrada en el trabajo.
- 1 usuario para el desbloqueo del móvil y para entrar al gimnasio.



**Figura 31. Experiencia Previa con la Biometría no CRMF**

#### 4.2.2.7. Preferencia modal

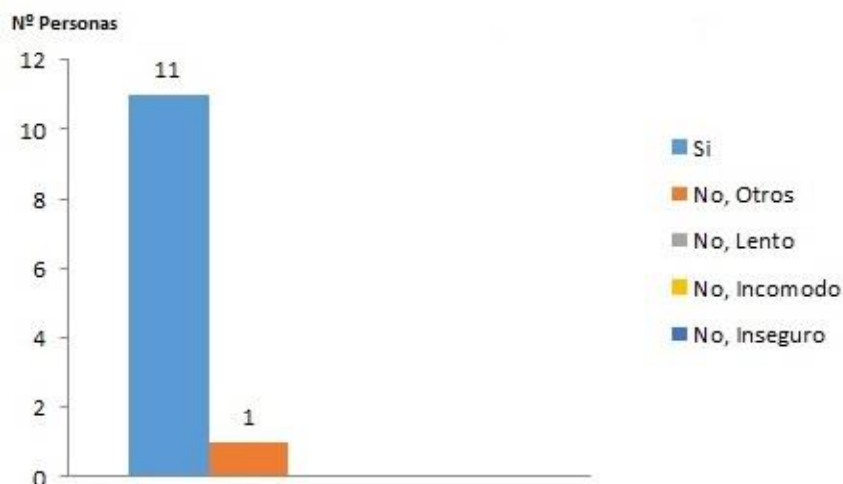
A diferencia de los usuarios del CRMF, la preferencia modal previamente a la evaluación se decantaba claramente por la huella (Figura 32):



**Figura 32. Preferencia modal no CRMF**

#### 4.2.2.8. Desbloqueo móvil/ordenador mediante la biometría

Estas fueron las respuestas de los usuarios al cuestionario previo realizado (Figura 33):



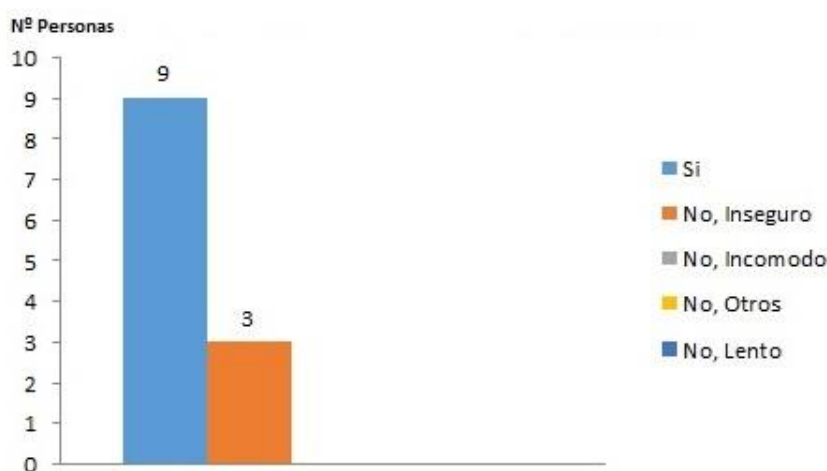
**Figura 33. Uso biometría para desbloqueo móvil/ordenador no CRMF**

1 usuario no usaría la biometría para desbloquear el móvil y/o el ordenador por otros motivos. El usuario se sentía cómodo sin la biometría.

Ningún usuario rechazaba la opción de desbloquear el móvil y/u ordenador a través de la biometría por motivos de inseguridad, motivos de incomodidad o por la lentitud.

#### 4.2.2.9. Pagos mediante la biometría

Estas fueron las respuestas de los usuarios al cuestionario previo realizado (Figura 34):



**Figura 34. Uso biometría para pagos y extracción dinero no CRMF**

Ningún usuario rechazaba la opción de realizar pagos y/o retirar dinero de un cajero a través de la biometría por motivos de lentitud, por motivos de incomodidad o por otros motivos diferentes.

#### **4.2.2.10. Problemas de accesibilidad**

Ningún usuario tenía problemas de accesibilidad.

### **4.3. Software**

En este apartado se detallan las características del software que se ha utilizado en el proyecto.

#### **4.3.1. Aplicación**

La aplicación evaluada ha sido desarrollada sobre la versión Android 4.0.3 [Dev15]. Con respecto al funcionamiento, la aplicación crea una base de datos a partir de datos personales de los usuarios y muestras biométricas. Además realiza verificaciones de identidad por biometría (de huella y firma) y se comunica con el punto de venta (tarjeta sin contactos).

##### **4.3.1.1. Flujo de la aplicación**

En primer lugar se accede al menú inicial de la aplicación. Se pueden elegir diferentes opciones: iniciar la sesión de un usuario ya creado, crear un nuevo usuario o bien salir de la aplicación. Se puede apreciar en la Figura 35 (a) la pantalla del menú inicial.



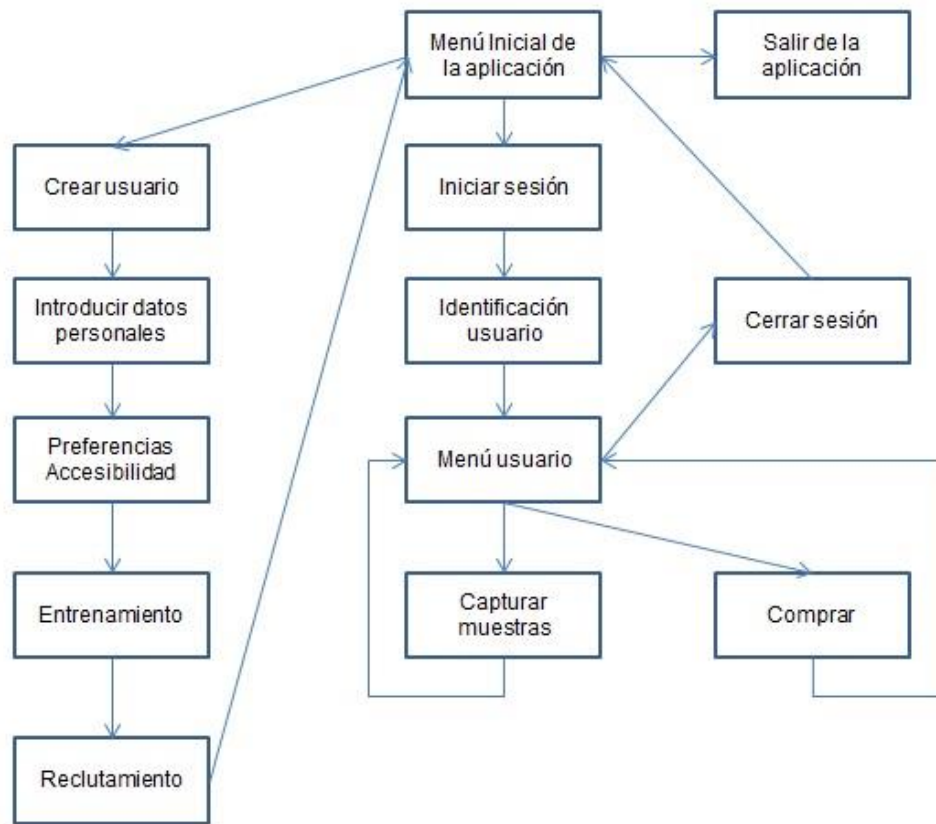
**Figura 35. Diferentes pantallas de menús de la aplicación**

Si es el usuario aún no tiene un perfil creado, debe pulsar el botón de “Crear Perfil”. Entonces aparece una pantalla donde debe rellenar sus datos personales (Figura 35 (b)). Seguidamente, debe elegir las preferencias de accesibilidad (color, brillo y volumen de audio). Posteriormente pasa a la fase del entrenamiento y por último a la de reclutamiento. En este momento el usuario ya tiene un identificador único en la base de datos con su perfil creado con sus datos personales y las muestras de huellas y firmas.

Se redirige de nuevo al menú inicial donde el usuario puede elegir de nuevo cualquier opción de las mencionadas anteriormente. El usuario ya puede iniciar su sesión. Si el usuario pulsa el botón de “Iniciar Sesión” aparece una pantalla (Figura 35 (c)) en la que se debe introducir el nombre completo del usuario que es lo que le identifica.

Al identificarse correctamente aparece un nuevo menú. Este menú de usuario consta de 3 opciones (Figura 35 (d)): Capturar muestras, comprar y cerrar sesión. Si se pulsa el botón de “Capturar muestras” se realiza un proceso parecido al reclutamiento en el que se guardan más muestras de huellas y firmas. Si se pulsa el botón de “Compras” se realiza una simulación de una compra la cual queda registrada en la base de datos. Cuando terminan cualquiera de las dos fases se redirige de nuevo al menú de usuario. En caso que se pulse el botón

“Cerrar Sesión” se redirige al menú de inicio de la aplicación. Todo este diagrama de flujo esta detallado en la Figura 36.



**Figura 36. Diagrama de flujo de la aplicación**

### 4.3.2. Algoritmos

Se han utilizado varios algoritmos de reconocimiento biométrico durante la evaluación para proporcionar información para los usuarios y para hacer los pagos. Han sido también aplicados para obtener los resultados de rendimiento una vez que la evaluación había terminado.

#### 4.3.2.1. Reconocimiento de Huella

Hemos usado el NIST MINDTCT (extraer minucias) [Fin15] y el Bozorth3 (comparar muestras) [GMW04] para el reconocimiento de huellas

dactilares. La implementación utilizada devuelve un resultado entre 1 (el peor) y 481 (el mejor), y el umbral utilizado es 30 (es decir, un resultado por debajo de 30 se considera un impostor y 30 o más se considera genuino). El umbral es bastante bajo para evitar demasiados rechazos durante la evaluación y, por tanto, el sesgo de un usuario: cuando un usuario recibe varios rechazos puede sentirse decepcionado o frustrado. Los usuarios suelen seguir con mayor fluidez cuando reciben resultados positivos [Sma15].

#### 4.3.2.2. Reconocimiento de Firma

El algoritmo utilizado para el reconocimiento de firma manuscrita está basado en DTW [Hur11]. Como parámetros de entrada hemos utilizado las coordenadas temporales X e Y. La implementación utilizada devuelve un resultado entre 0,00 (el peor) y 5,00 (el mejor). En este caso, el umbral se fijó en 4,00 según los resultados obtenidos en [BSH14].

### 4.4. Hardware

En este apartado se detallarán las características de los elementos hardware que se han tenido en cuenta en el desarrollo del proyecto.

#### 4.4.1. Sensor de huellas

Con respecto al sensor de huella digital, como se puede ver en la Figura 37, se ha seleccionado el sensor Secugen Hamster Plus [Sec15]. Cuenta con la tecnología *Auto-On* y *Smart Capture* [Bea15]. La tecnología *Auto-On* es una técnica de detección que comprueba automáticamente la presencia del dedo. La tecnología *Smart Capture* garantiza el escaneo con calidad de huellas digitales de dedos con algún tipo de problema.



**Figura 37. Sensor de huellas Hamster Plus**

#### **4.4.2. Cámara**

Las grabaciones tienen el fin de recopilar el comportamiento del usuario frente a la aplicación móvil. Para ello se ha contado con una videocámara modelo Sony DCR-SR58E [Son15], se puede ver en la Figura 38. Cuenta con una pantalla LCD de 6,7 centímetros que ha ayudado a visualizar las grabaciones mientras se ha realizado el experimento para así tener en imagen en todo momento lo que se ha deseado grabar. También posee un zoom óptico de 60x. Tiene una unidad de disco duro interna de 80 GB.



**Figura 38. Cámara de video Sony DCR-SR58E**

### 4.4.3. Móvil

Ante la gran variedad en el mercado de terminales Smartphone, se ha elegido el modelo Samsung Galaxy Note II (Figura 39), ya que cumple todos los requisitos necesarios para el uso de la aplicación móvil con solvencia. Posee un procesador Exynos quad-core de 1.6GHz y tiene instalada la versión 4.0.3. Jelly Bean. También cuenta con una pantalla Super AMOLED HD de 5,5 pulgadas (1280x720px), suficientemente grande para la correcta visión de los iconos o mensajes que de la aplicación como para realizar la firma. Además, el móvil incorpora un stylus necesario para la parte de firma [Sam15]. También cuenta con tecnología NFC para realizar las compras.



**Figura 39. Móvil Samsung Galaxy Note II**

### 4.4.4. Tarjeta Inteligente

En la Figura 40 está la tarjeta *Mifare* [Ide15] utilizada. *Mifare* es una tecnología de tarjetas inteligentes sin contacto y está basada en la tecnología de radiofrecuencia 13,56 MHz (RFID) y es compatible con la norma ISO 14443 tarjetas de tipo A [Iso15]. La tarjeta que se ha utilizado es el modelo SCL3710, que cuenta con tecnología NFC para permitir la comunicación inalámbrica de

corto alcance entre dispositivos electrónicos, requisito imprescindible para la comunicación con el terminal móvil para poder realizar las compras.



**Figura 40. Tarjeta Mifare SCL3710**

#### **4.4.5. Trípode**

El trípode se ha usado para facilitar la grabación y tener mejor calidad de imagen al no haber continuos movimientos en la grabación. Como se puede ver en la Figura 41, el modelo utilizado ha sido el First moonlight 2466. Cuenta con 3 pies y un nivel de burbuja para proporcionar un buen equilibrio.



**Figura 41. Trípode**

#### **4.4.6. Ordenador Portátil**

Se ha necesitado un ordenador portátil para almacenar toda la información del proyecto (videos, base de datos de la aplicación, capturas de pantalla de la aplicación y formularios). El modelo utilizado (Figura 42), ha sido el portátil HP Compaq Presario CQ70-115ES [Sup15]. Cuenta con un Procesador Intel

Pentium T3200 Dual Core a 2 GHz. También posee una pantalla panorámica de 17" WXGA+ de alta definición con tecnología BrightView (1440 x 900). Además tiene una memoria RAM de 3 GB.



**Figura 42. Ordenador Portátil**

## **4.5. Escenarios**

El escenario físico donde se ha realizado el proyecto es el Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Madrid (CRMF) [Crm15]. El CRMF es un centro de ámbito estatal gestionado por el Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) dedicado a la prestación de un conjunto de servicios recuperadores de contenido médico-funcional, psico-social y de orientación y formación profesional ocupacional para personas con problemas físicos o sensoriales en edad laboral. Dichos servicios se ofrecen en régimen de internado, media pensión o ambulatorio, de acuerdo con las circunstancias personales y necesidades e intereses de las personas. Se nos facilitó una sala lo suficientemente grande, cómoda e iluminada para poder realizar sin problemas las sesiones con los usuarios.

## **4.6. Características de Accesibilidad del proyecto**

En este apartado se van a detallar las características de accesibilidad que se han tenido en cuenta en el proyecto. Para ello se hablará sobre las interfaces de la aplicación móvil que se ha usado en la evaluación y de los dispositivos que se han utilizado.

### 4.6.1. Interfaces

Las características de accesibilidad han sido diseñadas de acuerdo al Libro Verde de la Accesibilidad [Sid15], que se ocupa de la difusión y el análisis de la accesibilidad y también proporciona buenas prácticas de la misma. Algunas de las características relacionadas con la accesibilidad de la aplicación son:

- Bajo número de colores de alto contraste entre primer y segundo plano.
- Tamaños de letra grande.
- Interfaces sencillas.
- Flujo sencillo de la aplicación, audio y transmisión del texto.

La interfaz de la aplicación del móvil fue diseñada con el objetivo de facilitar la accesibilidad a las personas con problemas físicos y/o psíquicos. Este es un grupo de personas que suelen tener varios problemas unidos: baja visión, problemas de audición, temblores en las manos, pérdida de memoria, etc. Por lo tanto, la interfaz de usuario es configurable y los usuarios pueden seleccionar el nivel de brillo de la pantalla (bajo, medio o alto) y el nivel de volumen de los mensajes de guía (bajo, medio o alto). La aplicación recuerda la configuración durante la evaluación.

La interfaz es sobria mostrando solamente lo indispensable (mensajes cortos de texto y botones) y los colores han sido elegidos de acuerdo con el Libro Verde de accesibilidad. Como se puede en la Figura 43, hay tres combinaciones de colores en la interfaz: (1) la pantalla con el fondo azul y con botones de fondo blanco, (2) la pantalla con el fondo negro y con botones de fondo blanco y (3) la pantalla con el fondo blanco y con botones de fondo blanco.





**Figura 43. Combinaciones de colores en la pantalla de selección de brillo**

Esta aplicación tiene como principal ventaja que el usuario la puede modificar de acuerdo a sus necesidades ya que la interfaz es configurable. Como se puede ver en la Figura 43, el usuario puede escoger entre tres tonalidades de brillo (bajo, medio y alto). También puede seleccionar entre tres tipos de volumen (bajo, medio y alto). Además, puede elegir los dedos con los que va a realizar el proceso de reconocimiento de huella. Puede seleccionar entre 0 y 4 dedos (dedo índice y corazón de ambas manos). Ambas configuraciones se puede ver en la Figura 44.



**Figura 44. Pantallas configuración aplicación**

### **4.6.2. Dispositivos**

En nuestra evaluación contamos con dos dispositivos: un dispositivo móvil y un dispositivo biométrico.

Ambos dispositivos ofrecen un alto grado de portabilidad. Tanto el dispositivo móvil como el biométrico pueden ser ejecutados sin problemas con otros dispositivos diferentes. También ofrecen un alto grado de ergonomía que facilita y hace más cómodo el experimento a los usuarios.

## **4.7. Documentos**

Adicionalmente, para obtener unas características y unos resultados, se precisaba de ellos una serie de datos. Todo ello se ha conseguido a través de la cumplimentación por parte de los usuarios de 3 documentos: un formulario previo, un formulario final y un documento de conformidad.

### **4.7.1. Formularios**

Los formularios han sido de vital importancia para poder obtener una serie de información valiosa de la evaluación. Para ello se les formulaba una serie de preguntas a los usuarios: sobre sus datos personales y opinión, que han contestado con total libertad. Se les facilitaba 2 formularios a los usuarios: formulario previo y final.

#### **4.7.1.1. Formulario previo**

El objetivo del formulario previo es conocer al usuario teniendo una visión más detallada de sus datos personales y su primera impresión sobre los dispositivos a evaluar. Para ello se les han realizado una serie de cuestiones para obtener las características de cada usuario. Además, se les han realizado una serie

de preguntas para saber su opinión previa sobre los dispositivos a evaluar. Se puede ver un formulario previo rellenado por un usuario que participó en la evaluación en el Anexo 1.

#### **4.7.1.2. Formulario final**

El objetivo del formulario final es conocer la opinión del usuario sobre los dispositivos a evaluar después de haber realizado ambas sesiones donde el usuario ha interactuado con la aplicación móvil. Para ello se les han realizado una serie de cuestiones para obtener el grado de satisfacción sobre los dispositivos. Se puede ver un formulario final rellenado por un usuario que participó en la evaluación en el Anexo 2.

#### **4.7.2. Documento Aceptación**

El objetivo del documento de conformidad es informar al usuario sobre el proceso y del uso de sus datos sobre él mismo. En primer lugar, se muestra una introducción en la que se aclara los objetivos de la evaluación. Además, se explica que la participación en el proceso no entraña ningún riesgo ni causa daños físicos a la persona. Posteriormente se detalla el proceso donde se especifica al usuario que el proceso consta de 2 sesiones, aclarando cada fase de la sesión, separadas entre ellas por al menos una semana. También se señala que el tiempo por sesión es alrededor de unos 20 minutos dependiendo del usuario. Después, se puntualiza donde se han guardado los datos personales recogidos de cada usuario y con qué propósito. Por último, se explica la confidencialidad de los datos personales que han sido guardados según la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD). Para que el usuario haya podido realizar la evaluación era necesario que firmase este documento ya que daba su consentimiento para el uso y proceso de sus datos personales. Se puede ver un formulario final rellenado por un usuario aleatorio que participó en la evaluación en el Anexo 3.

# Capítulo 5:

## Experimentos

En este apartado se incluyen los experimentos realizados en el proyecto y también los problemas surgidos durante la evaluación. A su vez, se van a explicar los resultados obtenidos y se van a contrastar de forma que lleguemos a una conclusión sobre la accesibilidad y usabilidad que ofrecen estos dispositivos en el capítulo 6.

## **5.1. Introducción**

Esta parte incluye los resultados que se han obtenido en los experimentos desarrollados durante el proyecto que se ha llevado a cabo. Los resultados se pueden dividir en tres grupos diferenciados: resultados de accesibilidad, resultados de usabilidad y resultados del rendimiento. Además, cada tipo de resultado está separado según el tipo de usuario: usuarios del CRMF (con problemas de accesibilidad) y usuarios que no son del CRMF (sin problemas de accesibilidad). Así podremos ver los resultados obtenidos por separado y realizar una comparación entre ambos grupos.

## **5.2. Experimentos sobre la Accesibilidad**

En este apartado se va a detallar los experimentos con respecto a la parte que aplica a la accesibilidad. Además, se muestran los resultados obtenidos.

### **5.2.1. Evaluación de Accesibilidad**

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño de la interfaz se ha realizado acorde al Libro Verde de la Accesibilidad. Sin embargo, no hay un estándar que defina cómo evaluar la accesibilidad de un sistema biométrico. Únicamente existe la norma EN 301 549, aunque sólo se centra en interfaces y hay partes de la biometría que no están contempladas. Por lo tanto, los resultados de accesibilidad van en función del número de personas que han podido terminar el experimento. Lo vamos a definir como:

- El % de usuarios que han podido utilizar el sistema.
- El % de usuarios que han podido utilizar el sistema con algunos problemas.
- El % de usuarios que no han podido utilizar el sistema.

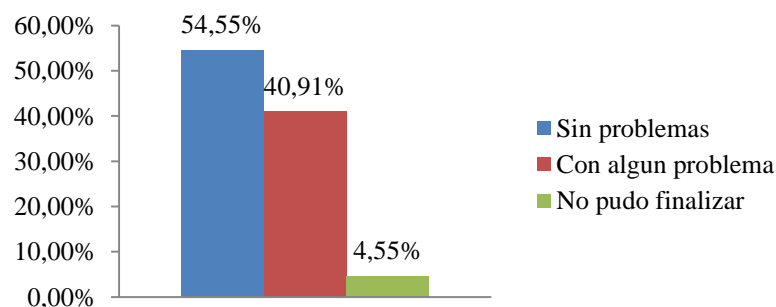
## 5.2.2. Resultados de Accesibilidad

Los resultados de accesibilidad obtenidos están separados según el tipo de usuario: usuarios del CRMF (con problemas de accesibilidad) y usuarios que no son del CRMF (sin problemas de accesibilidad).

### 5.2.2.1. Resultados de Accesibilidad para usuarios CRMF

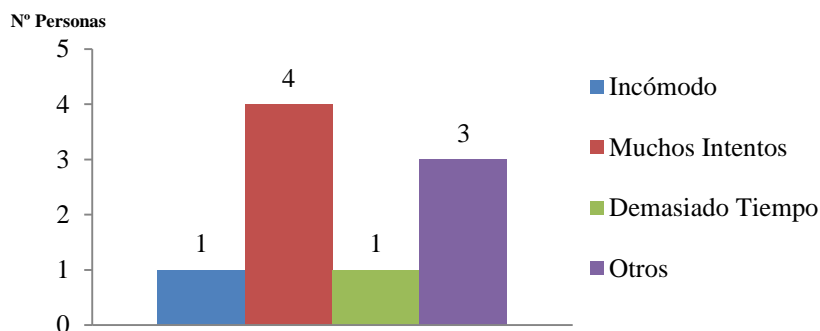
Hubo 12 usuarios (54,55%) que pudieron realizar el proceso sin ningún tipo de problema, 9 usuarios (40,91%) pudieron hacer el experimento pero con algún problema y 1 usuario (4,55%) no pudo finalizar el proceso (Figura 45).

Con relación al usuario que no pudo finalizar el proceso, era un varón que se encontraba en el intervalo de edad de 18-30 años. Contaba con problemas de movilidad en las piernas por lo que tenía que desplazarse en silla de ruedas. También tenía movilidad reducida en los brazos y en las manos. El usuario tuvo que ser ayudado en todo momento ya que tenía problemas psíquicos. No pudo pasar de la fase de entrenamiento. El usuario tuvo que ser ayudado para intentar situar alguno de los dedos en el sensor de la huella. Sin embargo, el sensor no reconocía correctamente el dedo del usuario ya que no podía colocarlo de una forma correcta por su problema de atrofia en los dedos. Tampoco podía realizar el proceso de la firma ya que no podía sostener entre sus dedos el *stylus* del móvil. Se tuvo que rechazar al usuario al no poder realizar el proceso con ninguna de las dos modalidades biométricas.



**Figura 45. Resultados de Accesibilidad CRMF**

Al finalizar la evaluación, se les preguntó a los usuarios si habían tenido algún tipo de problema para realizar el proceso. Hubo un total de 9 usuarios que tuvieron algún tipo de problema (Figura 46):



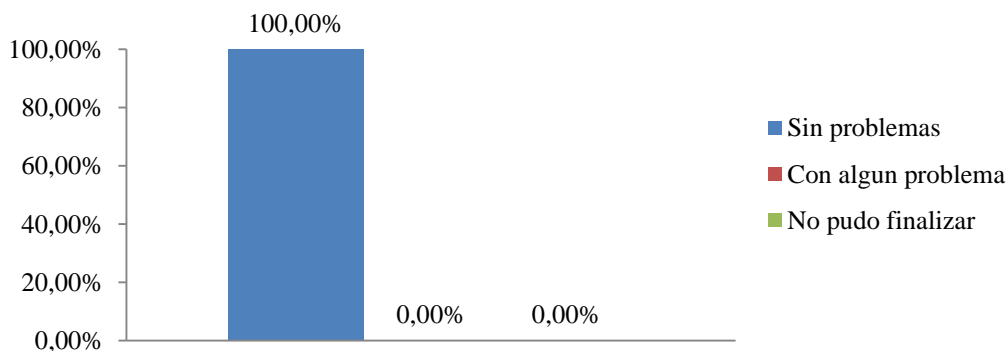
**Figura 46. Dificultad para terminar el proceso usuarios del CRMF**

Hubo 3 usuarios que tuvieron otros motivos:

- 2 usuarios contestaron que tuvieron problemas con el reconocimiento de la huella.
- 1 usuario contestó que al principio tuvo problemas al introducir los datos personales.

#### **5.2.2.2. Resultados de Accesibilidad para usuarios no CRMF**

Hubo 12 usuarios (100%) que pudieron realizar el proceso sin ningún tipo de problema (Figura 47).



**Figura 47. Resultados de Accesibilidad no CRMF**

## **5.3. Experimentos sobre la Usabilidad**

En este apartado se va a especificar como se han realizado los experimentos con respecto a la parte que aplica a la usabilidad. Además, se muestran los resultados obtenidos.

### **5.3.1. Evaluación de Usabilidad**

Las pruebas realizadas siguen la definición de la usabilidad según la norma ISO 9241-11, donde los parámetros efectividad, eficiencia y satisfacción se definen de la siguiente manera:

- **Efectividad:** Es la medida de lo bien que un usuario puede realizar una tarea. Aplicando esta definición al experimento, la efectividad es la proporción de compras finalizadas correctamente dividido por la cantidad total de compras. Adicionalmente, se facilitan los resultados diferenciados por el tipo de modalidad.
- **Eficiencia:** Es la medida de lo rápido que un usuario puede llevar a cabo una tarea. Aplicando esta definición al proceso, este coeficiente se calcula a través del tiempo medio que han tardado los usuarios en completar las sesiones.
- **Satisfacción:** Es la experiencia del usuario en el experimento. Aplicando esta definición al proceso, se mide a través de los formularios de satisfacción, las notas tomadas y los videos.

### **5.3.2. Resultados de Usabilidad**

Los resultados de usabilidad obtenidos están separados por tipo de usuario.



### 5.3.2.1. Resultados de Usabilidad para usuarios CRMF

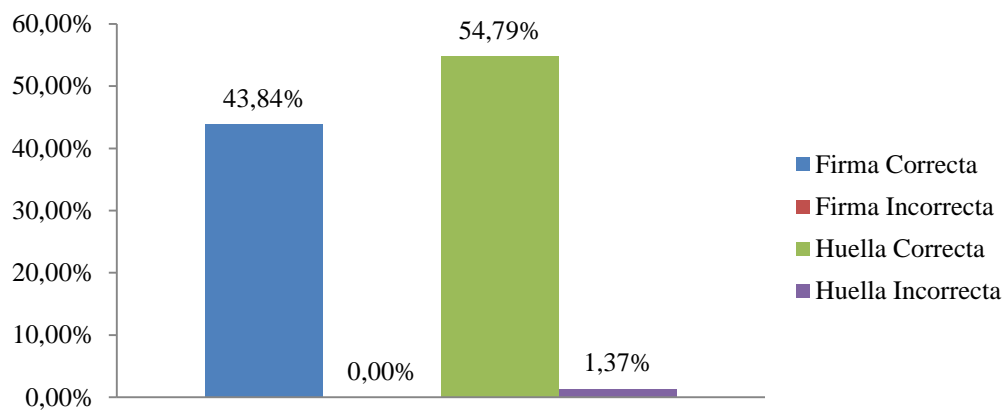
Los resultados de los usuarios CRMF están divididos por los diferentes parámetros mencionados:

#### 5.3.2.1.1. Efectividad

Se puede observar en la Tabla 1 y en la Figura 48 los resultados de efectividad de las compras en los usuarios CRMF:

**Tabla 1. Resultados efectividad CRMF**

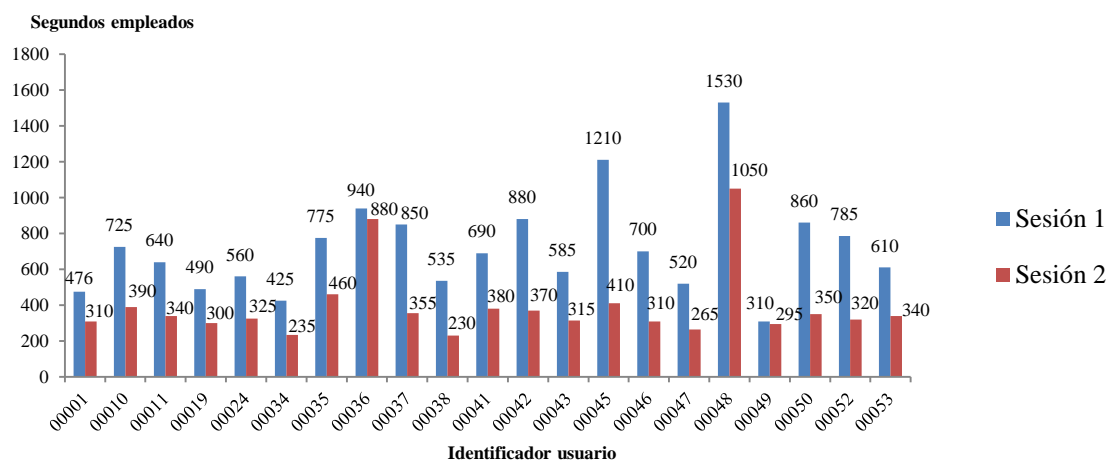
PARÁMETRO	TASA (%)
Compras finalizadas correctamente	98,63%
Compras realizadas con huella	54,79%
Compras realizadas con firma	43,84%
Errores en las compras con huella	1,37%
Errores en las compras con firma	0,00%



**Figura 48. Tipología de compras CRMF**

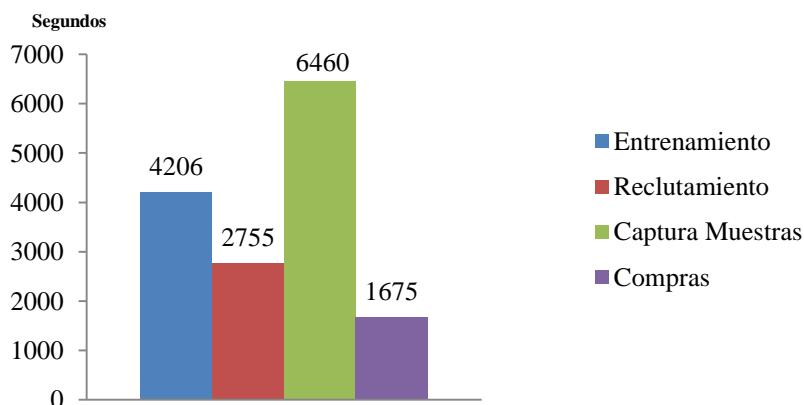
### 5.3.2.1.2. Eficiencia

La Figura 49 muestra el tiempo que ha empleado cada usuario evaluado en cada una de las sesiones. En la sesión 1 se ha tenido en cuenta el tiempo que ha usado cada usuario desde que comienza el entrenamiento hasta que realiza los dos compras (entrenamiento, reclutamiento, captura de muestras y compras). En la sesión 2 se ha tenido en cuenta el tiempo que ha utilizado el usuario en realizar la captura de muestras y las 2 compras.

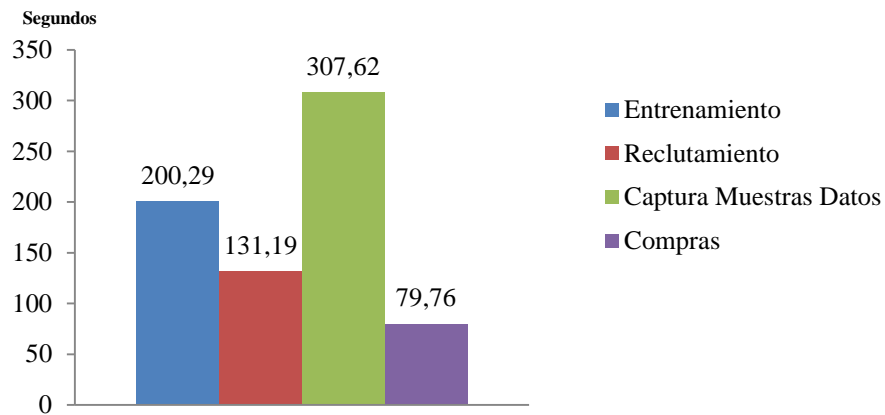


**Figura 49. Tiempos por usuario CRMF**

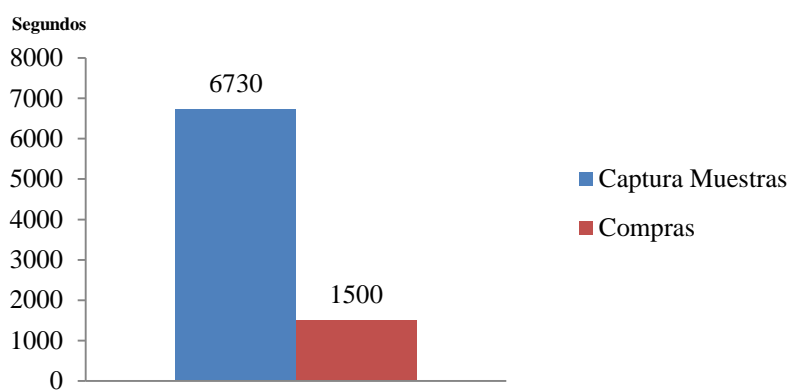
Entrando en detalle en los tiempos utilizados en la sesión 1 (Figura 50) y sesión 2 (Figura 52), y el tiempo medio por fase en la sesión 1 (Figura 51) y sesión 2 (Figura 53):



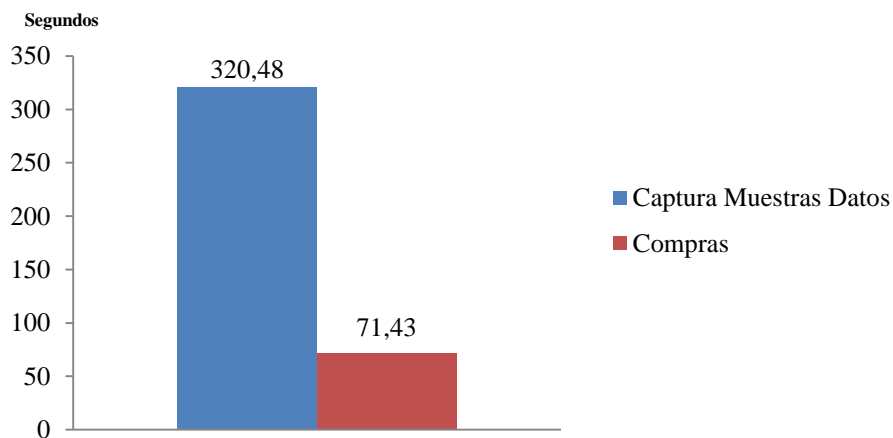
**Figura 50. Tiempos por fase en la sesión 1 CRMF**



**Figura 51. Tiempo medio por fase en la sesión 1 CRMF**

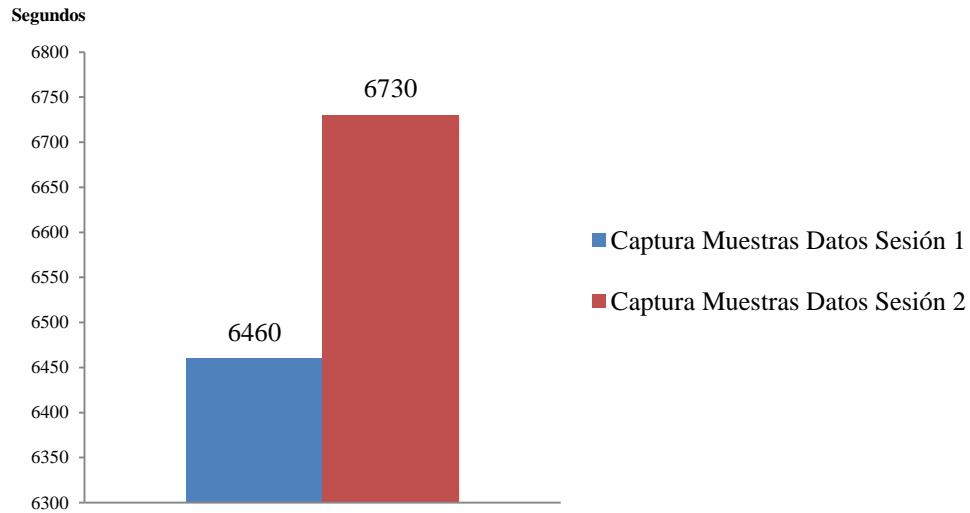


**Figura 52. Tiempos por fase en la sesión 2 CRMF**



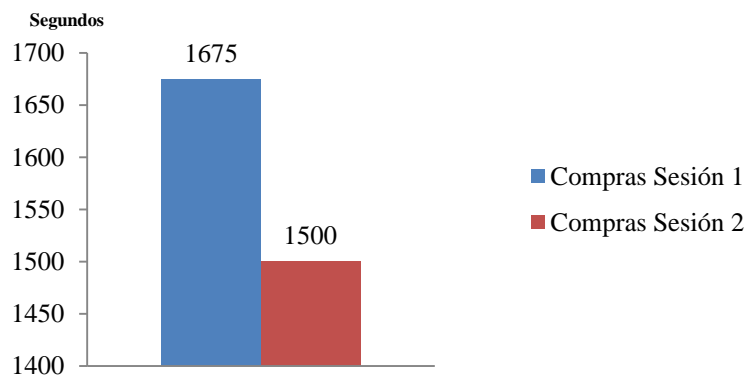
**Figura 53. Tiempo medio por fase en la sesión 2 CRMF**

Haciendo una comparativa de tiempos sobre las dos sesiones (Figura 54):



**Figura 54. Comparativa de captura de muestras entre sesiones CRMF**

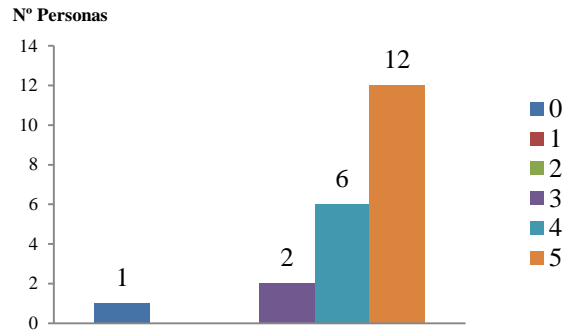
Con relación al tiempo usado en las compras (Figura 55):



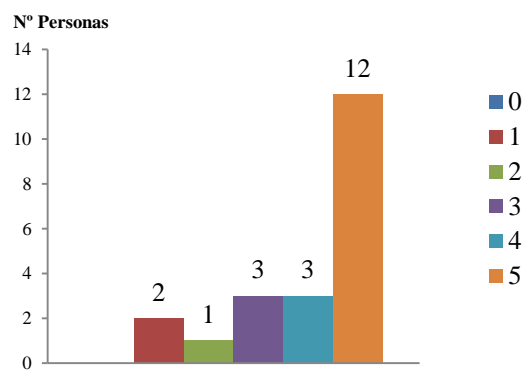
**Figura 55. Comparativa de compras entre sesiones CRMF**

#### 5.3.2.1.3. Satisfacción

Teniendo en cuenta en un intervalo de valores que 0 es muy incómodo y 5 muy cómodo, esta ha sido la opinión de los usuarios con respecto a la comodidad del sensor de huella (Figura 56) y la firma (Figura 57):

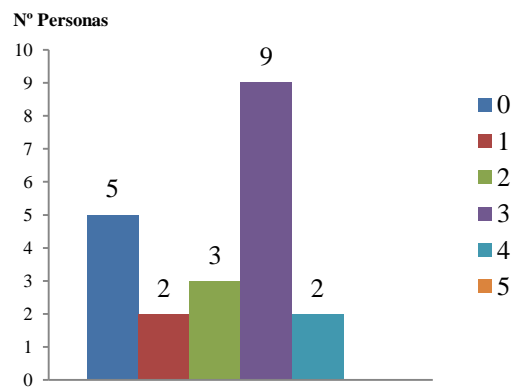


**Figura 56. Comodidad de la huella CRMF**

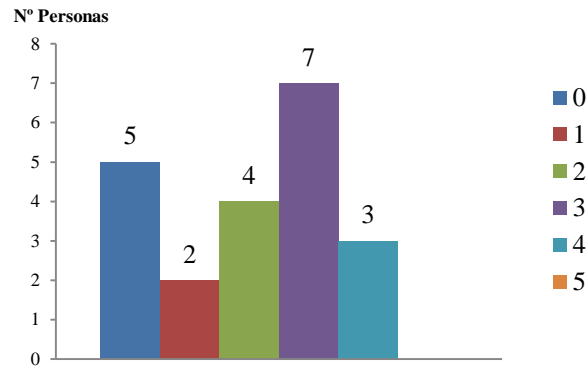


**Figura 57. Comodidad de la firma CRMF**

Teniendo en cuenta en un intervalo de valores que 0 es muy corto y 5 muy largo, estas fueron las respuestas de los usuarios con respecto al tiempo de captura del sensor de huella (Figura 58) y la firma (Figura 59):

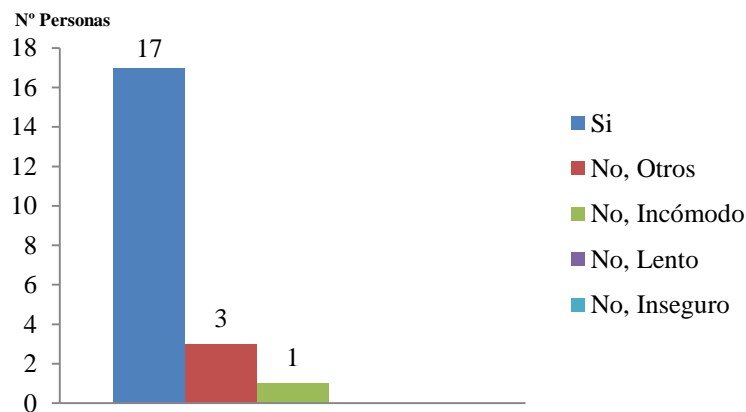


**Figura 58. Tiempo de la huella CRMF**



**Figura 59. Tiempo de la firma CRMF**

Con respecto a si utilizarían la biometría para desbloquear su móvil y/u ordenador (Figura 60):

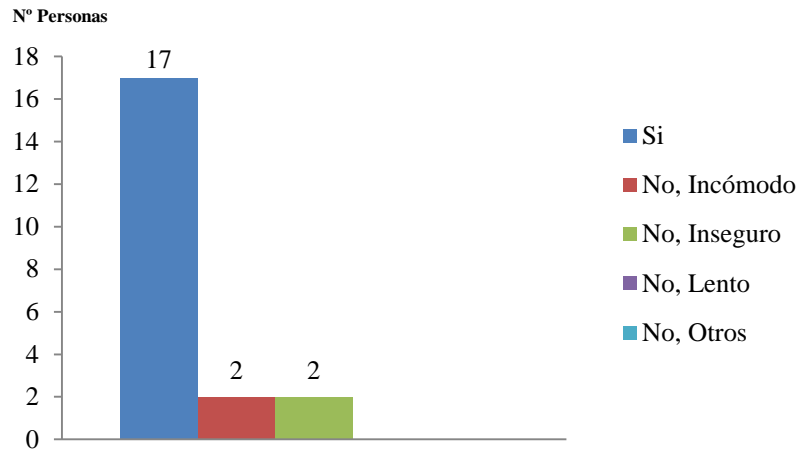


**Figura 60. Uso de la biometría para desbloquear móvil/ordenador CRMF**

3 usuarios no la utilizarían por otros motivos. Entrando más en detalle sobre los motivos:

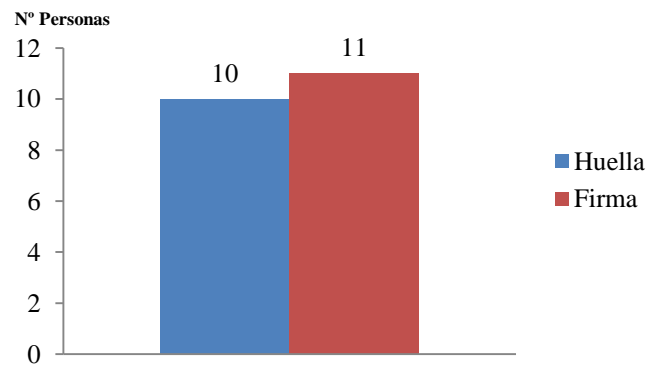
- 1 usuario no la usaría porque solo lo podría usar el.
- 2 usuarios no la usarían por problemas de equilibrio.

Estas fueron las respuestas de los usuarios a si utilizarían la biometría para realizar pagos y/o retirar dinero de un cajero (Figura 61):



**Figura 61. Uso de la biometría para realizar pagos CRMF**

Estos son los resultados sobre la preferencia modal después del experimento (Figura 62):



**Figura 62. Preferencia modal CRMF**

### 5.3.2.2. Resultados de Usabilidad para usuarios no CRMF

Los resultados de los usuarios que no eran del CRMF están divididos por los diferentes parámetros mencionados:

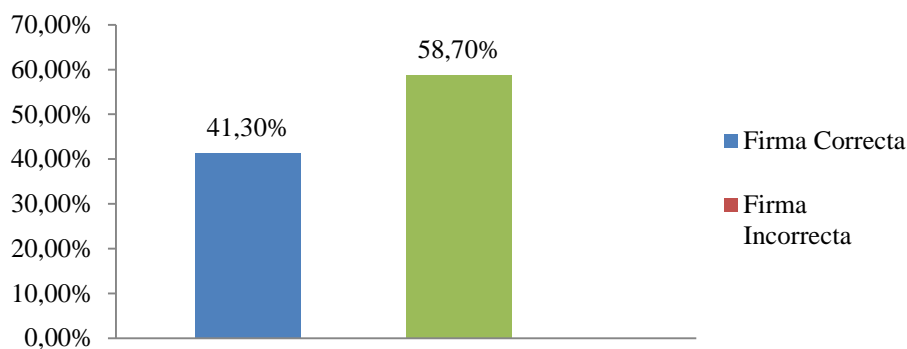
#### 5.3.2.2.1. Efectividad

Se puede ver en la Tabla 2 y en la Figura 63 que se han realizado un 100% de compras correctamente. De este porcentaje de compras realizadas con éxito,

un 58,70% se realizaron a través de la modalidad biométrica de la huella y un 41,30% a través de la modalidad biométrica de la firma.

**Tabla 2. Resultados efectividad no CRMF**

PARÁMETRO	TASA (%)
Compras finalizadas correctamente	100,00%
Compras realizadas con huella	58,70%
Compras realizadas con firma	41,30%
Errores en las compras con huella	0,00%
Errores en las compras con firma	0,00%

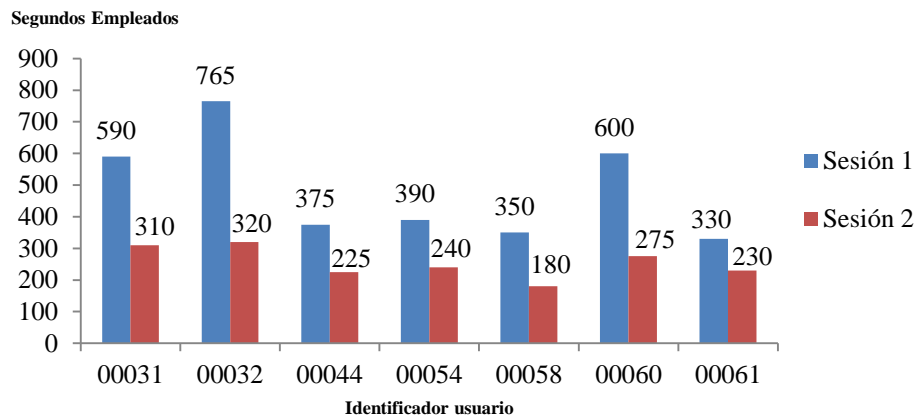


**Figura 63. Tipología de compras no CRMF**

#### 5.3.2.2.2. Eficiencia

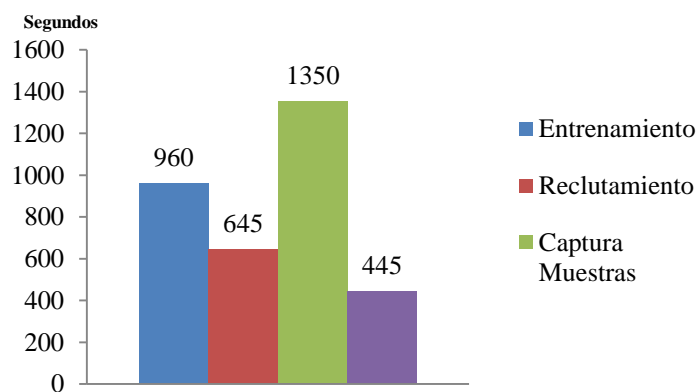
La Figura 64 muestra el tiempo que ha empleado cada usuario evaluado en cada una de las sesiones. En este caso, solo se han tenido en cuenta los tiempos para 7 de los 12 usuarios que han participado ya que de 5 de ellos no se han podido tener grabaciones para poder medir los tiempos por sesión. Las grabaciones se iban a realizar en un recinto privado y no se tuvo el permiso para poder realizarlas.



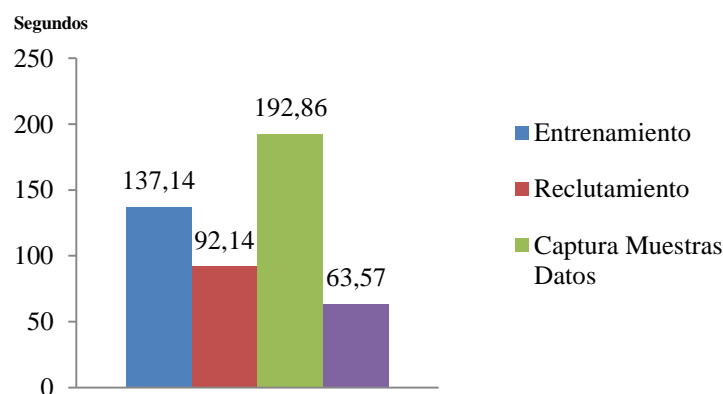


**Figura 64. Tiempos por usuario no CRMF**

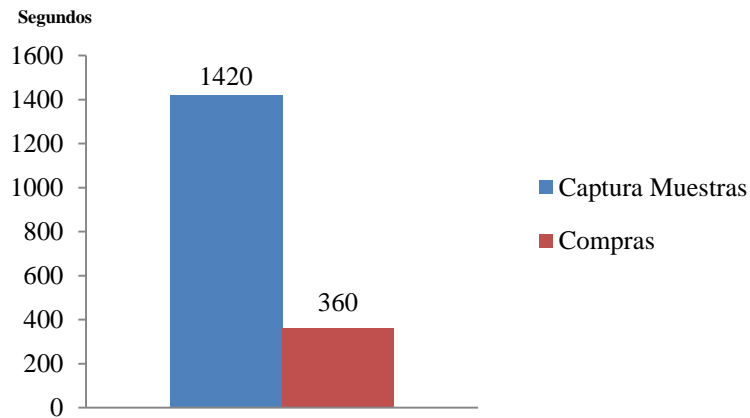
Entrando en detalle en los tiempos utilizados en la sesión 1 (Figura 65) y sesión 2 (Figura 67), y el tiempo medio por fase en la sesión 1 (Figura 66) y sesión 2 (Figura 68):



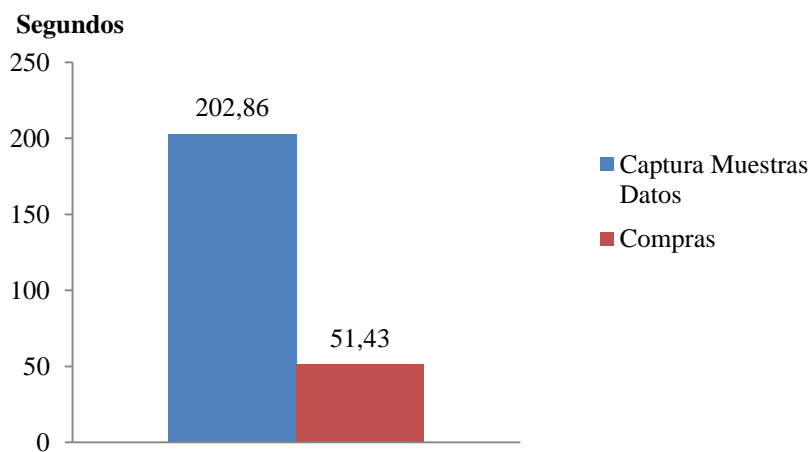
**Figura 65. Tiempos por fase en la sesión 1 no CRMF**



**Figura 66. Tiempo medio por fase en la sesión 1 no CRMF**

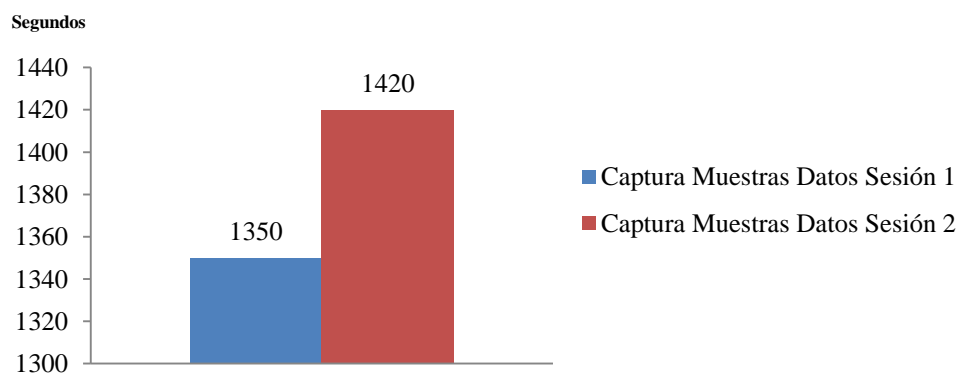


**Figura 67. Tiempos por fase en la sesión 2 no CRMF**



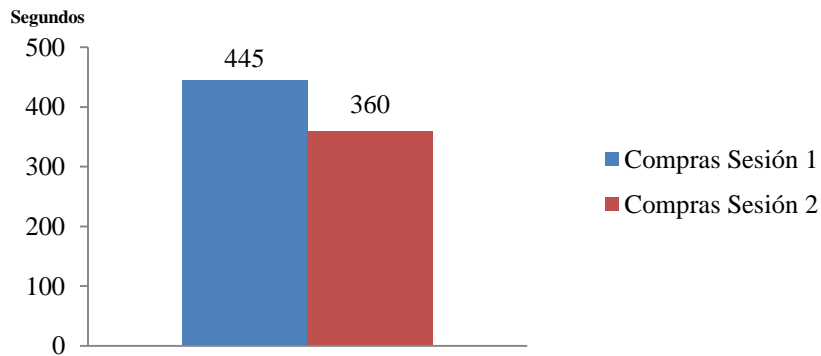
**Figura 68. Tiempo medio por fase en la sesión 2 no CRMF**

Haciendo una comparativa de tiempos sobre las dos sesiones (Figura 69):



**Figura 69. Comparativa de captura de muestras entre sesiones no CRMF**

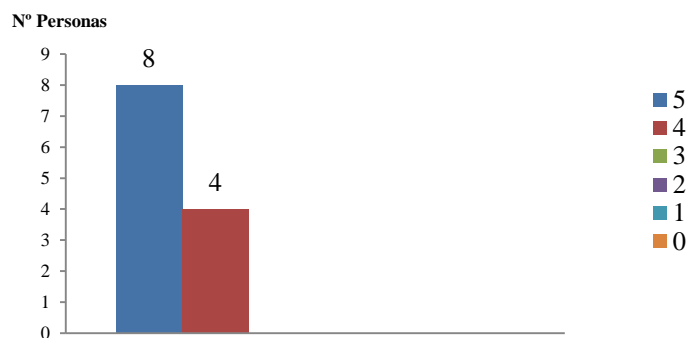
Con relación al tiempo usado en las compras (Figura 70):



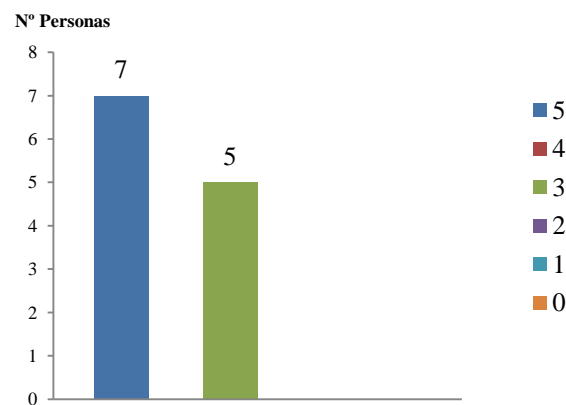
**Figura 70. Comparativa de compras entre sesiones no CRMF**

#### 5.3.2.2.3. Satisfacción

Respecto a la comodidad de las dos modalidades en el proceso, esta es la opinión de los usuarios con respecto a la comodidad del sensor de huella (Figura 71) y la firma (Figura 72):

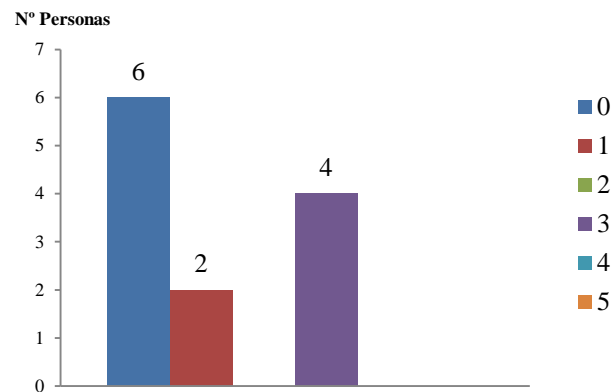


**Figura 71. Comodidad de la huella no CRMF**

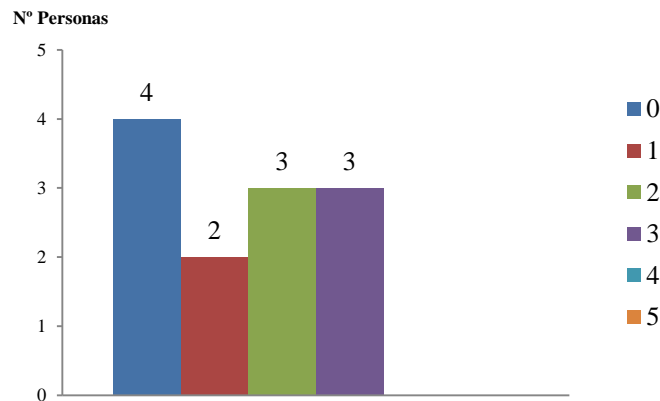


**Figura 72. Comodidad de la firma no CRMF**

Estas son las respuestas de los usuarios con respecto al tiempo de captura del sensor de huella (Figura 73) y la firma (Figura 74):

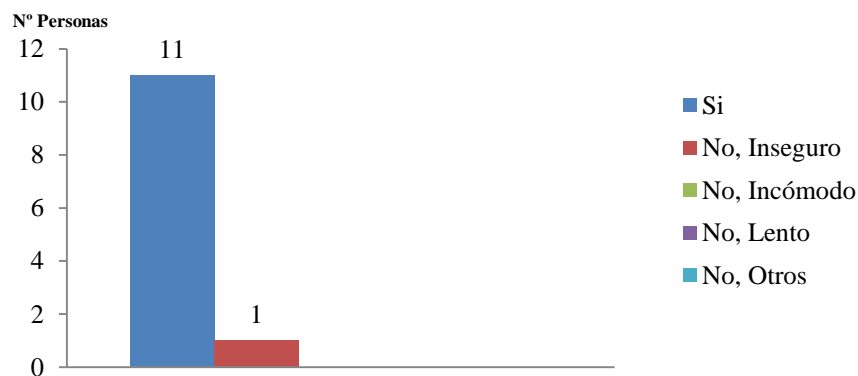


**Figura 73. Tiempo de la huella no CRMF**



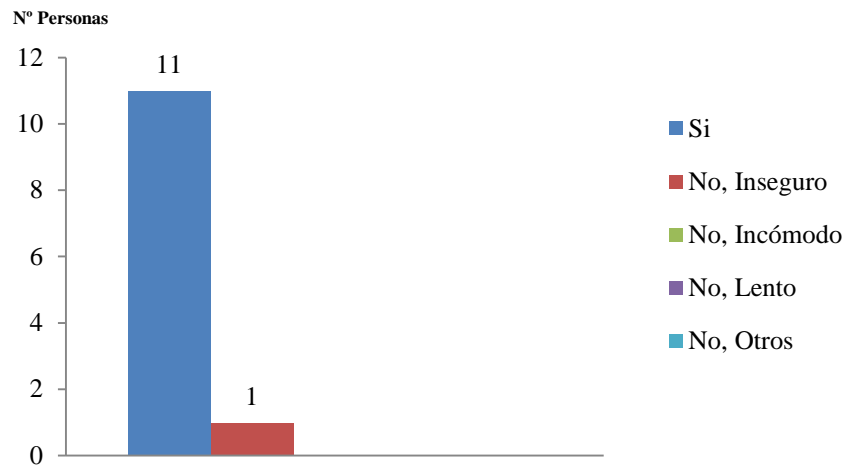
**Figura 74. Tiempo de la firma no CRMF**

Con respecto a si utilizarían la biometría para desbloquear su móvil y/u ordenador (Figura 75):



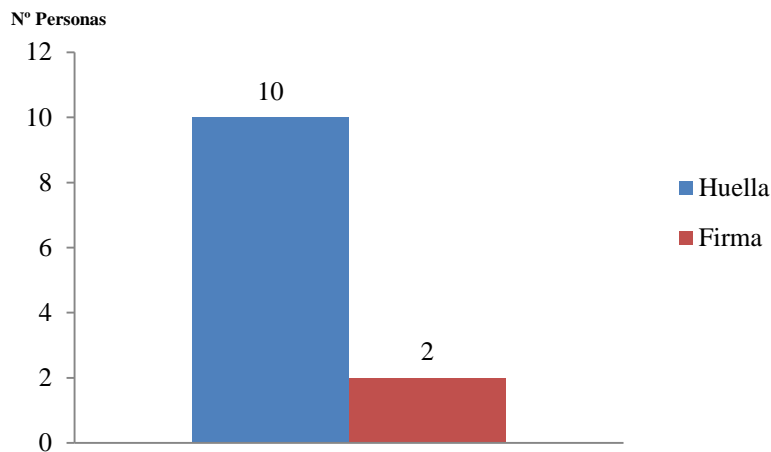
**Figura 75. Uso de la biometría para desbloquear móvil/ordenador no CRMF**

Estas fueron las respuestas de los usuarios a si utilizarían la biometría para realizar pagos y/o retirar dinero de un cajero (Figura 76):



**Figura 76. Uso de la biometría para realizar pagos no CMRF**

Los resultados sobre la preferencia modal después del experimento (Figura 77) son los siguientes:



**Figura 77. Preferencia modal no CMRF**

## 5.4. Experimentos sobre el Rendimiento

En este apartado se va a explicar cómo se han realizado los experimentos con respecto a la parte que aplica al rendimiento. Además, se muestran los resultados obtenidos.

### **5.4.1. Evaluación de Rendimiento**

El análisis de rendimiento se hace para obtener las tasas de error para ambas modalidades biométricas una vez terminada la evaluación. Además, se han dividido los resultados de rendimiento por sesiones para analizar la evolución del usuario y estudiar las diferencias entre ambas sesiones. Hemos utilizado la FRR y la FAR para obtener los resultados de rendimiento. Representamos los resultados con el EER, es decir, donde el valor de la FRR y la FAR son iguales.

#### **5.4.1.1. Rendimiento en huella**

Se obtiene la FRR de las huellas de ambas sesiones realizando la comparación de cada una de las 5 muestras de huellas genuinas con los patrones de huella guardados en el reclutamiento, y haciendo esto con cada uno de los usuarios inscritos en el sistema. El FAR se obtiene mediante la comparación de los patrones de huella guardada en el reclutamiento de cada usuario con el conjunto de 5 huellas de todos los demás usuarios que se consideran como impostores.

#### **5.4.1.2. Rendimiento en firma**

Se obtiene la FRR de las firmas de ambas sesiones realizando la comparación de cada una de las 10 muestras de firmas genuinas con los patrones de firma guardados en el reclutamiento, y haciendo esto con cada uno de los usuarios inscritos en el sistema. El FAR se obtiene mediante la comparación de los patrones de firma guardados en el reclutamiento de cada usuario con el conjunto de 10 firmas de los otros usuarios que se consideran como impostores.

## 5.4.2. Resultados de Rendimiento

Los resultados de rendimiento obtenidos están separados según el tipo de usuario. En los resultados de rendimiento se han obtenido los valores de la EER.

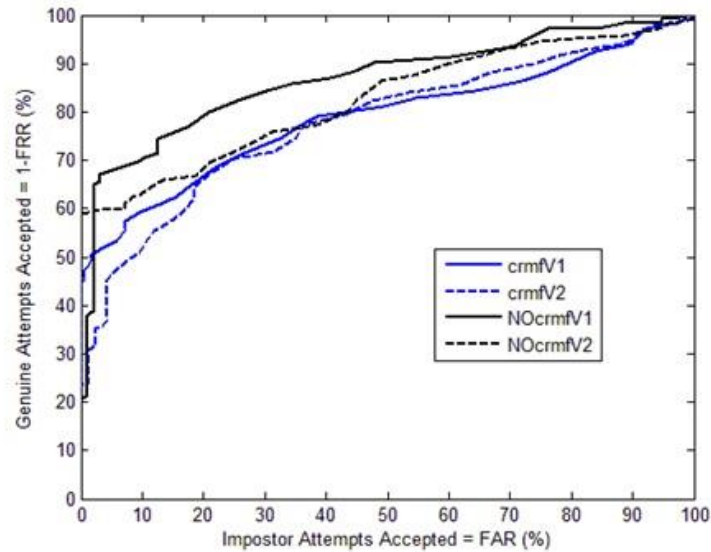
### 5.4.2.1. Resultados de Rendimiento para usuarios CRMF

En la Figura 78 se puede ver los diferentes valores que van tomando la FAR y la FRR para la huella. En el eje horizontal están los valores de la FAR mientras que en el eje vertical se detallan los valores de  $1 - FRR$ . Para los usuarios del CRMF en la sesión 1 (crmfV1), la EER se obtiene cuando el eje horizontal (FAR) alcance el valor del 27,53% y el eje vertical ( $1 - FRR$ ) alcance el valor de 72,47% ( $1 - 27,53\%$ ) (Tabla 3). Para los usuarios del CRMF en la sesión 2 (crmfV2), la EER se obtiene cuando el eje horizontal (FAR) alcance el valor de 29,84% y el eje vertical ( $1 - FRR$ ) alcance el valor de 70,16% ( $1 - 29,84\%$ ).

Para los usuarios del CRMF en la sesión 1 (crmfV1), la EER se obtiene cuando la FAR alcance el valor de 1,36% y  $1 - FRR$  alcance el valor de 98,64% (Figura 79). Para los usuarios del CRMF en la sesión 2 (crmfV2), la EER se obtiene cuando la FAR alcance el valor de 3,29% y  $1 - FRR$  alcance el valor de 96,71%.

**Tabla 3. Resultados de rendimiento CRMF**

Modalidad	EER_crmf_visita1	EER_crmf_visita2
Huella	27.53%	29.84%
Firma	1.36%	3.29%



**Figura 78. Curva ROC de la Huella**

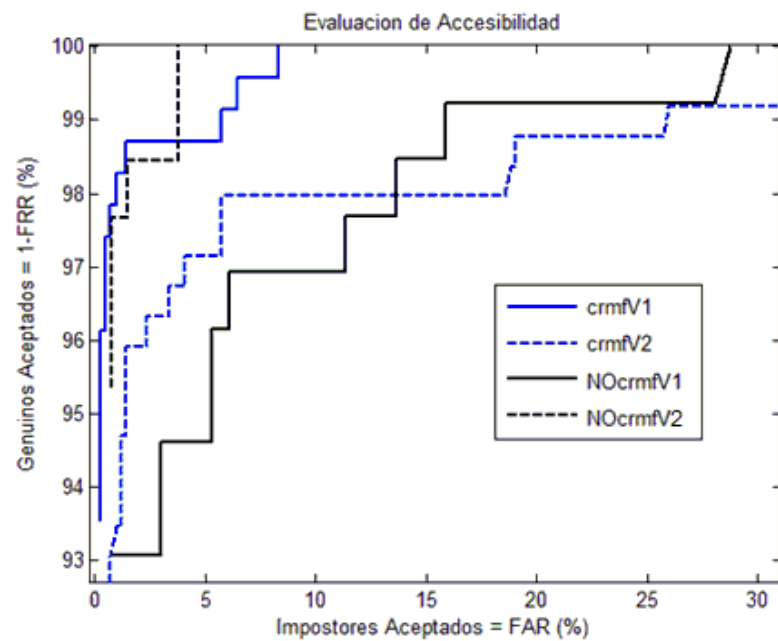
#### 5.4.2.2. Resultados de Rendimiento para usuarios no CRMF

Con relación a los usuarios que no son del CRMF en la sesión 1 (NOcrmfv1), la EER se obtiene cuando la FAR = 20,50% y  $1 - \text{FRR}$  sea igual a 79,50% (Figura 78) para la huella. Para la firma se obtiene cuando la FAR = 5,34% y  $1 - \text{FRR} = 94,66\%$  (Figura 79). Para los usuarios que no son del CRMF en la sesión 2 (NOcrmfv2), la EER se obtiene cuando la FAR = 27,18% y  $1 - \text{FRR} = 72,82\%$  para la huella. Para la firma se obtiene cuando la FAR = 1,53% y  $1 - \text{FRR} = 98,47\%$  (Tabla 4).

**Tabla 4. Resultados de rendimiento no CRMF**

Modalidad	EER_NOcrmfv_visita1	EER_NOcrmfv_visita2
Huella	20.50%	27.18%
Firma	5.34%	1.53%





**Figura 79. Curva ROC de la firma**

# Capítulo 6:

## Conclusiones y Líneas Futuras

En este capítulo se detallan las conclusiones que se han sacado a través de los resultados obtenidos en el proyecto y se comentan futuras mejoras posibles que hemos manejado.

## **6.1. Introducción**

En las conclusiones se realiza un repaso de los resultados obtenidos y analizados por tipo de usuario. Después se comparan los diferentes resultados viendo cómo pueden influir unos en otros y analizando las diferencias entre los tipos de usuarios. Por último, se detallan las líneas futuras sobre el proyecto.

## **6.2. Accesibilidad**

En este experimento se ha comprobado cómo era de accesible la aplicación para personas con problemas de accesibilidad. Hay que aclarar que se ha contado con un volumen de usuarios bastante pequeño tanto para la parte de usuarios del CRMF como los que no eran del CRMF, lo que ha hecho difícil obtener resultados concluyentes. Es muy importante esclarecer que el experimento ha sido realizado a usuarios que se han presentado voluntarios, por lo que hacía más difícil encontrarlos. Además, un volumen considerable de posibles candidatos no quiso participar por la desconfianza que les daba proporcionar sus datos personales. La unión de estos factores ha contribuido a que el volumen de usuarios que han participado sea tan bajo.

### **6.2.1. Usuarios CRMF/No CRMF**

Con respecto a los usuarios del CRMF, la mitad de los participantes pudieron realizar el experimento sin ningún tipo de problema, mientras que la otra mitad tuvo algún problema o no pudieron finalizar el proceso (Figura 45). Únicamente 1 usuario no terminó. El usuario tenía una movilidad muy reducida en ambos brazos y manos por lo que hizo imposible su participación. Los usuarios que tuvieron algún tipo de problema con la aplicación tenían algún tipo de problema en los brazos y/o manos.

Con respecto a los usuarios que no eran del CRMF, la totalidad de los usuarios pudieron realizar sin problemas el experimento (Figura 47). La mayoría de usuarios comprendían un intervalo de edad joven, con conocimientos de las nuevas tecnologías y sin problemas de movilidad en los brazos. Había unos pocos usuarios que comprendían una edad más avanzada, lo que podía traducirse en un riesgo más grande por posibles problemas de movilidad en brazos y/o manos. Sin embargo, no hubo ningún tipo de problema al respecto y realizaron el experimento sin problemas.

### 6.2.2. Sistema

Además, se han obtenido una serie de conclusiones a través de los resultados sobre la accesibilidad del sistema:

- Interfaces de la aplicación: Los usuarios se manejaban con soltura sin ayuda gracias a la sencillez de las interfaces y la ayuda de los mensajes de audio. Lo más destacado es que la interfaz es configurable, lo que hizo que todos los usuarios pudiesen configurar la aplicación a su gusto para hacer más sencillo su uso. Algún detalle negativo a tener en cuenta puede ser el posible camuflaje por coincidencia de colores en la interfaz como se puede ver en la Figura 43 con el botón del mensaje de audio.
- Dispositivos: Es un acierto el uso de un terminal móvil como medio para realizar el experimento ya que todos los usuarios tenían conocimiento de la tecnología por su uso cotidiano lo que hacía que fuese más accesible. El sensor de huella ha mostrado unos resultados de ergonomía positivos, aunque también ha causado dificultades para usuarios con problemas en los dedos. La tecnología NFC utilizada en la tarjeta *Mifare* ha provocado algún inconveniente en las compras. Los usuarios han necesitado ayuda ya que no encontraban con facilidad el punto donde conectaban el terminal móvil y la tarjeta.

### **6.2.3. Otras**

Comparando los resultados obtenidos de los usuarios del CRMF con respecto a los usuarios que no son del CRMF, es evidente que los resultados difieren considerablemente. Los usuarios del CRMF contaban con problemas de accesibilidad con lo cual partían de antemano con mayor probabilidad de tener algún problema en el proceso con respecto a los usuarios que no eran del CRMF.

## **6.3. Usabilidad**

Los resultados de la usabilidad se han analizado con tres parámetros: Efectividad, Eficiencia y Satisfacción. Se va a detallar las conclusiones de la misma manera. Además, se va a ver cómo influyen unos parámetros en otros en los resultados obtenidos.

### **6.3.1. Efectividad**

Los resultados de la efectividad se han obtenido a través de la proporción de compras finalizadas correctamente dividido por la cantidad total de compras.

#### **6.3.1.1. Usuarios CRMF/No CRMF**

Con respecto a los resultados obtenidos sobre los usuarios del CRMF, han sido bastante positivos ya que el porcentaje de compras realizadas satisfactoriamente ha sido de 98,63% (Tabla 1). Al tratarse de un volumen bajo de usuarios puede no ser una muestra suficientemente grande para sacar conclusiones definitivas pero es una buena base para analizar. Los errores obtenidos en las compras han sido todos sobre la modalidad de la huella, por lo que reafirma que los usuarios tenían más soltura al usar la firma por la práctica de la firma en papel.

Con respecto a los resultados sobre los usuarios que no eran del CRMF, han sido muy positivos ya que el porcentaje de compras realizadas satisfactoriamente ha sido del 100% (Tabla 2). Al igual que con los usuarios del CRMF, al tratarse de un volumen bastante bajo de usuarios puede no ser una muestra suficientemente grande para obtener conclusiones definitivas.

#### **6.3.1.2. Otras**

Comparando los resultados obtenidos de los usuarios del CRMF con respecto a los usuarios que no son del CRMF, no hay mucha varianza entre unos y otros ya que apenas hubo fallos en las compras por parte de los usuarios del CRMF. Por tanto, los resultados de efectividad son muy parejos entre ambos usuarios en el experimento.

#### **6.3.2. Eficiencia**

Los resultados de la eficiencia se han obtenido a través del tiempo medio que han tardado los usuarios en completar las sesiones. Se han medido adicionalmente los tiempos por fase y se ha comparado entre las sesiones 1 y 2 para ver la evolución de los usuarios en el proceso.

##### **6.3.2.1. Usuarios CRMF/No CRMF**

Con relación a los usuarios del CRMF, el tiempo utilizado para la captura de muestras en la sesión 1 ha sido menor con respecto a la sesión 2 (Figura 54), esto puede tener varias lecturas:

- En la sesión 1 los usuarios ya habían practicado en el entrenamiento y posteriormente en el reclutamiento por lo que en la captura de muestras ya contaban con más soltura para colocar la huella y realizar la firma. Sin embargo, en la sesión 2 los usuarios pasaban directamente a la parte de captura de muestras.

- El factor de que entre las sesiones tenía que haber al menos una semana de distancia pudo provocar que los usuarios hubiesen perdido la soltura para colocar la huella y realizar la firma.
- Otra lectura podría ser que el volumen de usuarios ha sido bajo por lo que un volumen mayor de usuarios podría propiciar que el tiempo de captura en la segunda sesión disminuyese con respecto a la primera sesión.

Con respecto a las compras, el tiempo utilizado en la segunda sesión es menor al usado en la primera sesión (Figura 55). Esto tiene sentido ya que los usuarios ya han pasado en ambas sesiones por la fase de la captura de muestras, pero sin embargo los usuarios ya tenían más soltura al conocer el procedimiento de las compras.

Con respecto a los usuarios que no eran del CRMF, al igual que los usuarios del CRMF el tiempo utilizado para la captura de muestras en la sesión 1 ha sido menor con respecto a la sesión 2 (Figura 69), esto puede tener las mismas lecturas comentadas antes. Con respecto a las compras, al igual que los usuarios del CRMF el tiempo utilizado en la segunda sesión es menor al usado en la primera sesión por lo que se pueden sacar las mismas conclusiones (Figura 70).

#### **6.3.2.2. Otras**

Realizando una comparativa entre los resultados obtenidos de los usuarios del CRMF con respecto a los usuarios que no son del CRMF, viendo los tiempos medios utilizados por los usuarios del CRMF en la sesión 1 (Figura 51) con respecto a los usuarios que no eran del CRMF (Figura 66), los usuarios con problemas de accesibilidad han necesitado más tiempo en cada fase de la sesión. Con respecto a la sesión 2, viendo los tiempos medios usados por los usuarios del CRMF (Figura 53) con respecto a los usuarios que no son del CRMF (Figura 68) se obtiene la misma conclusión que en la sesión 1. Por lo que se ve que los

usuarios con problemas de accesibilidad necesitan más tiempo para realizar el proceso que los usuarios sin problemas de accesibilidad.

### **6.3.3. Satisfacción**

Los resultados de satisfacción se han obtenido a través de los formularios de satisfacción, las notas tomadas y los videos. Se han sacado conclusiones sobre la satisfacción de los usuarios a través de la comodidad y tiempos empleados en utilizar la aplicación.

#### **6.3.3.1. Usuarios CRMF/No CRMF**

Con relación a los usuarios del CRMF, salvo por un usuario la mayoría han tenido una experiencia positiva con respecto a la comodidad de la huella (Figura 56). Dicho usuario que valoró negativamente la comodidad del sensor tenía problemas de excesiva sudoración y atrofia en los dedos. Esto provocó en la evaluación un problema ya que no podía colocar de una forma correcta los dedos en el sensor y además al sudarle tanto los dedos se escurría el dedo por el sensor por lo que devolvía en muchas ocasiones una señal defectuosa. Esto ha afectado en un resultado de satisfacción negativo.

Respecto a la comodidad de la firma, hay más variedad de resultados aunque con una tendencia positiva como con el sensor (Figura 57). A la mayoría le ha parecido muy cómodo firmar en el dispositivo móvil. Sin embargo, hay dos usuarios que no les ha parecido cómodo. Esto ha podido ser debido a la costumbre del uso de la firma en papel y el cambio al móvil.

Con respecto a los tiempos en el reconocimiento de huella (Figura 58) y de firma (Figura 59), los resultados en ambas modalidades han sido bastante parejos, mucha variedad de opiniones pero con una tendencia negativa. Estos resultados pueden ser debidos a dos sensaciones obtenidas en la evaluación:



- Los usuarios esperaban una respuesta más rápida de los reconocimientos modales al tratarse de una nueva tecnología, por lo que tenían una expectativa mayor a la realidad.
- Los patrones guardados en el reclutamiento pudieron ser de una mala calidad.

Con relación a si los usuarios utilizarían la biometría para el desbloqueo del ordenador o móvil (Figura 60) y para realizar pagos (Figura 61), la mayoría si la usaría. Una minoría no la usaría para realizar pagos por inseguridad. Esto muestra un nivel de incertidumbre en algunos usuarios aun habiendo realizado el experimento. Viendo las respuestas de los usuarios antes de comenzar el experimento (Figura 23) (Figura 24) se puede decir que se han obtenido mejores resultados. Con respecto a la preferencia modal, está repartida la gente que prefiere la huella con respecto a los que prefieren usar la firma (Figura 62). Si se ven las respuestas obtenidas antes de realizar el experimento (Figura 22), los resultados son idénticos a los obtenidos después del experimento. Esto puede deberse a que la experiencia de la evaluación no ha cambiado la opinión previa sobre las modalidades salvo en algunos casos que han propiciado el cambio de opinión para un lado o para otro.

Con relación a los usuarios que no eran del CRMF, todos los usuarios han tenido una experiencia positiva con respecto a la comodidad de la huella (Figura 71). Esto puede ser debido a que ningún usuario tenía problemas en los dedos. Respecto a la comodidad de la firma, hay más variedad de resultados aunque con una tendencia positiva como con el sensor de huella (Figura 72). A la mitad de los usuarios les ha parecido muy cómodo firmar en el dispositivo móvil. Sin embargo, a la otra mitad de usuarios les ha parecido normal la comodidad. Esto ha podido ser debido a la costumbre del uso de la firma en papel y el cambio al móvil. Con respecto a los tiempos en el reconocimiento de huella (Figura 73) y de firma (Figura 74), la diversidad de opiniones de los usuarios. Los tiempos de huella tienen una tendencia positiva mientras que en los tiempos de firma se han

obtenido resultados parejos. Esto puede ser debido a que los usuarios no tuvieron muchos intentos en la evaluación.

Con relación a si los usuarios utilizarían la biometría para el desbloqueo del ordenador o móvil (Figura 75) y para realizar pagos (Figura 76), la mayoría si la usaría. Sólo un usuario no la usaría para realizar pagos ni para desbloquear el ordenador o móvil por inseguridad. Esto muestra un nivel de confianza alto en la biometría por parte de los usuarios sin problemas de accesibilidad. Viendo las respuestas de los usuarios antes de comenzar el experimento (Figura 33) (Figura 34), se puede decir que se han obtenido mejores resultados tras el experimento. Con respecto a la preferencia modal, los usuarios tienen una paridad sobre la preferencia modal (Figura 77). La mayoría de los usuarios prefieren el uso de la huella frente a la firma. Comparando las respuestas de los usuarios antes de la evaluación (Figura 32), los resultados son idénticos a los obtenidos después del experimento. Esto puede deberse a que la experiencia en el proceso no ha cambiado la opinión previa sobre las modalidades salvo en algunos casos para un lado o para otro.

#### **6.3.3.2. Otras**

Realizando una comparativa entre los resultados obtenidos de los usuarios del CRMF con respecto a los usuarios que no son del CRMF, se puede ver que el grado de satisfacción ha sido mayor en los usuarios que no eran del CRMF. Esto puede ser debido a que los usuarios del CRMF tuvieron más dificultad en el uso de los dispositivos, además de tener una mayor desconfianza en las nuevas tecnologías. También se puede ver reflejado esto en la preferencia modal, ya que para los usuarios que eran del CRMF han tenido una mayor afinidad a la firma frente a la huella con respecto a los usuarios que no eran del CRMF que tenían una clara preferencia sobre la huella.

## 6.4. Rendimiento

Los resultados del rendimiento se han obtenido a través de los algoritmos utilizados en el experimento. Los resultados obtenidos no se ajustan al estado actual de la tecnología donde el reconocimiento de huellas digitales es muy fiable [And04] y el reconocimiento de firma manuscrita no devuelve tan buenos resultados como en este experimento [BSM14]. El rendimiento ha sido mucho mejor en la modalidad de la firma con respecto a la huella (Tabla 3) (Tabla 4). Las razones más plausibles de estos resultados son:

- El uso de la huella dactilar es relativamente actual con respecto a la firma. Los usuarios generalmente están acostumbrados a firmar documentos y no a colocar la huella dactilar en dispositivos biométricos, de modo que la falta de práctica puede propiciar los malos resultados.
- Es evidente que el volumen de muestras para los dos tipos de usuarios no es suficientemente significativo por lo que los resultados podrían estar desvirtuados con respecto a la realidad. Un volumen mucho mayor podría haber determinado otros resultados más concluyentes.
- Los inconvenientes iniciales al firmar en un dispositivo móvil con un lápiz se superaron en la fase de entrenamiento. Por lo tanto, cuando los usuarios comenzaron el reclutamiento ya estaban acostumbrados al dispositivo.

También se puede apreciar que empeora el rendimiento de la primera sesión con respecto a la segunda sesión en ambas modalidades en los usuarios del CRMF. Sin embargo, para los usuarios que no eran del CRMF ocurre lo contrario con la modalidad de la firma ya que mejoran los resultados en la segunda sesión. Los resultados de la huella empeoran en los usuarios que no eran del CRMF. Todo esto sugiere que las personas con problemas de accesibilidad necesitan más

sesiones para utilizar la biometría de una forma más certera a diferencia de los usuarios que no tienen problemas de accesibilidad.

## 6.5. Líneas futuras

Hubo un usuario que intentó realizar el experimento y no pudo por sus problemas de movilidad reducida. Le era imposible colocar correctamente el dedo en el sensor de huella y poder coger el lápiz para realizar la firma. A partir de esto se puede barajar la posibilidad de añadir otras modalidades biométricas para poder ampliar el conjunto de usuarios con problemas de accesibilidad que pudiesen utilizar la aplicación. Entre las diferentes modalidades biométricas contempladas el reconocimiento facial podría ser la más recomendada porque se obtiene de una forma sencilla (a través de una foto) y económica (los terminales móviles cuentan con cámara). El funcionamiento debería ser lo más sencillo posible para facilitar su uso a los usuarios ya que cuentan con problemas de movilidad reducida que nos les permite usar las modalidades de la huella y la firma. Para el reconocimiento facial sería necesaria la obtención de fotos de la cara del usuario, por lo que es necesario que el terminal tuviese cámara.

Una posible línea futura podría ser dar la posibilidad de borrar una muestra al usuario en el reclutamiento para mejorar los resultados. Esta opción se ha barajado ya que algún usuario ha tenido problemas de sudoración y le resbalaba el dedo al colocarlo en el sensor obteniéndose una muestra de mala calidad.

Otra alternativa podría ser la implementación del experimento en dispositivos *Wearables* [Wea15]. Un complemento sencillo cómo podría ser una pulsera se puede interactuar con los demás dispositivos de una manera simple a través de la tecnología inalámbrica.

La instalación en cajeros también podría ser una línea futura. Se podrían realizar operaciones bancarias a través de la biometría sustituyendo el uso del código pin.

El uso de la tecnología inalámbrica Bluetooth **[Blu15]** es otra opción que se ha valorado a partir de los problemas que han tenido algunos de los usuarios con la tecnología NFC.

# Presupuesto

# “Evaluación de accesibilidad en aplicación móvil de pagos con biometría”



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
Escuela Politécnica Superior

## PRESUPUESTO DE PROYECTO

### 1.- Autor:

José Luis Alonso Aguilera

### 2.- Departamento:

Tecnología Electrónica

### 3.- Descripción del Proyecto:

- Título: Evaluación de accesibilidad en aplicación móvil de pagos con biometría  
- Duración (meses): 8  
- Tasa de costes indirectos: 20%

### 4.- Presupuesto total del Proyecto (valores en Euros):

25.405,00 Euros

### 5.- Desglose presupuestario (costes directos)

#### PERSONAL

Apellidos y nombre	Categoría	Dedicación (hombres mes) <sup>a)</sup>	Coste hombre mes	Coste (Euro)
Blanco Gonzalo, Ramón	Ingeniero Senior	0,5	4.289,54	2.144,77
Alonso Aguilera, José Luis	Ingeniero	7	2.694,39	18.860,73
Hombres mes 7,5			<b>Total</b>	<b>21.005,50</b>

<sup>a)</sup> 1 Hombre mes = 131,25 horas. Máximo anual de dedicación de 12 hombres mes (1575 horas)  
Máximo anual para PDI de la Universidad Carlos III de Madrid de 8,8 hombres mes (1.155 horas)

#### EQUIPOS

Descripción	Coste (Euro)	% Uso dedicado proyecto	Dedicación (meses)	Periodo de depreciación	Coste imputable <sup>d)</sup>
Terminal Samsung	250,00	100	8	60	33,33
Sensor Huella	60,00	100	8	60	8,00
Tripode	30,00	100	8	60	4,00
Cámara Video	200,00	100	8	60	26,67
Tarjeta Inteligente	1,00	100	8	60	0,13
Ordenador Portátil	700,00	100	8	60	93,33
<b>Total</b>					<b>165,47</b>

<sup>d)</sup> Fórmula de cálculo de la Amortización:

$$\frac{A}{B} \times C \times D$$

A = nº de meses desde la fecha de facturación en que el equipo es utilizado  
B = periodo de depreciación (60 meses)  
C = coste del equipo (sin IVA)  
D = % del uso que se dedica al proyecto (habitualmente 100%)

#### SUBCONTRATACIÓN DE TAREAS

Descripción	Empresa	Coste imputable
<b>Total</b>		<b>0,00</b>

#### OTROS COSTES DIRECTOS DEL PROYECTO<sup>e)</sup>

Descripción	Empresa	Costes imputable
Viajes al CRMF en coche		152,00
<b>Total</b>		<b>152,00</b>

<sup>e)</sup> Este capítulo de gastos incluye todos los gastos no contemplados en los conceptos anteriores, por ejemplo: fungible, viajes y dietas, otros,...

### 6.- Resumen de costes

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes Totales
Personal	21.006
Amortización	165
Subcontratación de tareas	0
Costes de funcionamiento	152
Costes indirectos	4.265
<b>Total</b>	<b>25.588</b>

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 25.588 EUROS.

Leganés a 23 de Octubre de 2015

El ingeniero proyectista

Fdo. José Luis Alonso Aguilera



# **Anexos**

## Anexo 1. Formulario Previo

Nombre y Apellidos [REDACTED]

### Formulario de satisfacción PREVIO

Investigación sobre usabilidad en reconocimiento biométrico

Con este formulario pretendemos obtener datos estadísticos que nos ayuden a mejorar la experiencia del usuario. Toda la información que recopilemos será anónima. Por favor, rellénelo con calma. No tardará más de 2 minutos en completarlo. Si tiene alguna duda por favor pregunte a los operarios de la evaluación. **Muchas gracias.**

- ¿Es usted...?
 

Hombre	<input checked="" type="checkbox"/>
Mujer	<input type="checkbox"/>
- ¿Qué edad tiene?
 

18-30	<input type="checkbox"/>
31-50	<input checked="" type="checkbox"/>
51-70	<input type="checkbox"/>
+70	<input type="checkbox"/>
- ¿Cuál es su grado de estudios?
 

Sin estudios	<input type="checkbox"/>
Graduado escolar	<input checked="" type="checkbox"/>
Bachillerato	<input type="checkbox"/>
Universitarios	<input type="checkbox"/>
- ¿Tiene algún problema en las manos/dedos?
 

No	<input type="checkbox"/>
Si	<input type="checkbox"/> ¿Cuál? <u>Hemiplegia 129</u>
- ¿Es usted...?
 

Zurdo	<input type="checkbox"/>
Diestro	<input checked="" type="checkbox"/>
- ¿Está familiarizado/a con la tecnología en general? En caso afirmativo indique con qué tipo de dispositivos está más familiarizado/a (elijá al menos 1)
 

Ordenadores	<input checked="" type="checkbox"/>
Cámaras	<input type="checkbox"/>
Biométricos	<input type="checkbox"/>
Móviles	<input checked="" type="checkbox"/>
- ¿Ha tenido alguna experiencia previa con dispositivos biométricos (por ejemplo, huella dactilar o iris)?
 

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input checked="" type="checkbox"/>
- En caso afirmativo, indique cuál
 

---
- ¿Qué preferiría utilizar?
 

Huella	<input type="checkbox"/>
Firma	<input checked="" type="checkbox"/>
- ¿Utilizaría la biometría para desbloquear su móvil / ordenador? En caso negativo marque 1 o varias
 

Si	<input type="checkbox"/>
No, porque es lento	<input type="checkbox"/>
No, porque es incómodo	<input type="checkbox"/>
No, porque es inseguro	<input type="checkbox"/>
No, porque <u>Desconozco el sistema</u>	<input type="checkbox"/>
- ¿Utilizaría la biometría para realizar pagos, sacar dinero en un cajero, etc.? En caso negativo marque 1 o varias
 

Si	<input type="checkbox"/>
No, porque es lento	<input type="checkbox"/>
No, porque es incómodo	<input type="checkbox"/>
No, porque es inseguro	<input type="checkbox"/>
No, porque <u>Desconozco</u>	<input type="checkbox"/>
- ¿Utiliza alguna aplicación móvil accesible o las características de accesibilidad (VoiceOver, Talkback)? Indique cuál
 

Si	<input type="checkbox"/>
No, porque no lo necesito	<input type="checkbox"/>
No, porque no las conozco	<input checked="" type="checkbox"/>
- Indique sus problemas de accesibilidad en el caso de tenerlos
 

Hemiplegia

---



---



---



---

## Anexo 2. Formulario Final

Nombre y Apellidos: [REDACTED]

**Formulario de satisfacción FINAL**  
Investigación sobre usabilidad en reconocimiento biométrico

Esta es la segunda parte del formulario que usted relleno al inicio. Si tiene alguna duda por favor pregunte a los operarios de la evaluación. **Muchas gracias.**

1. ¿Le ha resultado cómodo utilizar la huella dactilar? (0-Muy Incómodo / 5-Muy Cómodo)

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐

2. Considera que el tiempo por huella ha sido... (0-Muy corto / 5-Muy Largo)

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐

3. ¿Le ha resultado cómodo utilizar la firma? (0-Muy Incómodo / 5-Muy Cómodo)

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐

4. Considera que el tiempo por firma ha sido... (0-Muy corto / 5-Muy Largo)

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐

5. ¿Considera suficientes las instrucciones recibidas?

Si ☒  
No ☐

6. En general ¿qué preferiría utilizar?

Huella ☒  
Firma ☐

7. ¿Utilizaría la biometría para desbloquear su móvil / ordenador?

Si ☒  
No, porque es lento ☐  
No, porque es incómodo ☐  
No, porque es inseguro ☐  
No, porque \_\_\_\_\_ ☐


8. ¿Utilizaría la biometría para realizar pagos, sacar dinero en un cajero, etc.?

Si ☒  
No, porque es lento ☐  
No, porque es incómodo ☐  
No, porque es inseguro ☐  
No, porque \_\_\_\_\_ ☐

9. ¿Ha tenido alguna dificultad para completar la evaluación? En caso afirmativo, indique cual:

Los dispositivos son incómodos ☐  
Necesité muchos intentos ☐  
Tardé demasiado ☒  
Otros \_\_\_\_\_ ☐

### Anexo 3. Documento de Aceptación

	<small>Grupo Universitario de Tecnologías de Identificación Departamento de Tecnología Electrónica</small>
<b>DOCUMENTO DE CONFORMIDAD - Evaluación de la accesibilidad de una aplicación de pagos con biometría en dispositivos móviles</b>	

**Introducción**

Está siendo invitado/a a tomar parte en un proyecto de investigación que tiene como finalidad mejorar la accesibilidad y el rendimiento de sistemas de identificación biométrica. Con este fin, se va a crear una base de datos compuesta por huellas dactilares, firmas manuscritas y videos que será utilizada para llevar a cabo el análisis y la evaluación del rendimiento y accesibilidad de dichos sistemas.

Antes de decidir participar en este proyecto, es importante que usted comprenda el motivo y el proceso de recogida de datos y lo que este hecho supone. Por favor, tómese su tiempo para leer la siguiente información y no dude en preguntar a la persona que le va a guiar durante el proceso si encuentra algo que no esté lo suficientemente claro o si necesita más información.

Es importante mencionar que el proceso NO entraña ningún riesgo ni causa daños físicos a la persona.

**Detalles del Proceso**

El proceso contempla que se tengan que completar dos visitas separadas al menos una semana. En cada visita se obtendrán muestras de sus huellas dactilares de varios de sus dedos y firmas manuscritas. Un operador le explicará el proceso al inicio y le atenderá durante la evaluación para responder a sus dudas. Será el mismo operador el que le indique cuando se ha terminado la evaluación.


En concreto, las actividades que usted deberá realizar en cada una de las visitas serán las que se describen a continuación:

- Visita 1
  - Explicación de la finalidad de la evaluación y entrega del formulario de aceptación
  - Registro en el sistema
  - Entrenamiento
  - Recogida de muestras biométricas
- Visita 2
  - Entrenamiento si fuese necesario
  - Recogida de muestras biométricas
  - Breve cuestionario

El tiempo empleado en cada visita es aproximadamente de 20 minutos dependiendo del usuario.

---

1 de 2

	<small>Grupo Universitario de Tecnologías de Identificación Departamento de Tecnología Electrónica</small>
<b>DOCUMENTO DE CONFORMIDAD - Evaluación de la accesibilidad de una aplicación de pagos con biometría en dispositivos móviles</b>	

**¿Qué pasará con los datos personales?**

Los datos personales recogidos serán incorporados y tratados en la base de datos "CRMF\_2015" recogida dentro del Fichero "PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN" declarado en la AEPD con número de registrado 2140150008. Su finalidad será el análisis del rendimiento de diferentes sistemas de reconocimiento biométrico teniendo en cuenta las características de las personas que pueden influir en la modalidad de huella dactilar como, por ejemplo, la edad de la persona, su sexo o su grado de uso de la tecnología.

Este fichero inscrito en el Registro General de Protección de Datos de la AEPD podrá ser cedido al promotor del proyecto, además de aquellas otras cesiones previstas en la ley. En concreto, los datos de identificación personal (nombre y NIF) serán entregados a la Administración General del Estado para el cumplimiento de la legislación vigente.

**¿Cómo puedo ejercer mis derechos conforme a la LOPD?**

El órgano responsable de ambos ficheros es la Universidad Carlos III de Madrid, y la dirección donde el interesado podrá ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición ante el mismo es: [protdatos@listserv.uc3m.es](mailto:protdatos@listserv.uc3m.es); todo lo cual se informa en cumplimiento del artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Yo [REDACTED], con DNI [REDACTED] reconozco haber leído y entendido las condiciones anteriormente redactadas en este escrito y acepto tomar parte en el proceso de adquisición de muestras biométricas.

Fdo: [REDACTED] a 25 de MAYO de 2015

2 de 2

## Referencias

[Gal83]: Francis Galton, *“Inquiries into Human Faculty and Its Development”*, Primera edición, Macmillan, 1883.

[Ber09]: Alphonse Bertillon, *“Alphonse Bertillon's Instructions for Taking Descriptions for the Identification of Criminals and Others, by Means of Anthropometric Indications”*, Kessinger Pub, 2009.

[Akj07]: Anil K. Jain, *“2007 Handbook of Biometrics”*, Springer, 2007

[AGT97]: A. Martin, G. Doddington, T. Kam, M. Ordowski, and M. Przybocki. *The DET Curve in Assessment of Detection Task Performance. In Proceedings of the Fifth European Conference on Speech Communication and Technology, volume 4, pages 1895–1898, Rhodes, Greece, September 1997.*

[ISO98]: “International Organization for Standardization, ‘ISO 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability,’ 1st ed, 1998 pp. 28”.

[BTT05]: UKPS biometric enrolment trial. *Biometric Technology Today*, Jul. 2005.

[KEP09]: Kukula, E., and Proctor, R. *Human-biometric sensor interaction: Impact of training on biometric system and user performance. vol. 5618 of Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, 2009, 168–177.*

[CCE14]: CEN, CENELEC, ETSI. *EN 301 549. v1.1.1. accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in europe, Feb. 2014.*

[TMS08]: Theofanos, M. F., Stanton, B. C., and Wolfson, C. *Usability and biometrics: Ensuring successful biometric systems. In International Workshop on Usability and Biometrics (2008), 83.*

[ISO11]: *ISO 26800:2011. Ergonomics: General approach, principles and concepts.*

[Ing00]: Página web Universidad de Chile.  
[http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed429/sistemas\\_biometricos.htm](http://www2.ing.puc.cl/~iing/ed429/sistemas_biometricos.htm) en 2000

[Fbi15a]: [https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints\\_biometrics/biometric-center-of-excellence/files/fingerprint-recognition.pdf](https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/biometric-center-of-excellence/files/fingerprint-recognition.pdf) [último acceso 04/08/15]

[Fbi15b]: [https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints\\_biometrics/iafis/iafis](https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/iafis/iafis) [último acceso 04/08/15]

[Cer15]: <http://3cero.com/tecnologia-nfc-usos/> [último acceso 05/08/15]

[Cel15]: <http://cellphones.about.com/od/coveringthebasics/a/What-Is-A-Cell-Phone.htm>  
[último acceso 05/08/15]

- [MDS11]: Mansfield-Devine, S.: *Biometrics for mobile devices struggle to go mainstream*, *Biometric Technology Today*, vol. 2011, no. 9, pp. 10–11 (2011).
- [Lop15]: <http://www.lpd-proteccion-datos.com/ley-proteccion-datos.php> [último acceso 06/08/15]
- [Crm15]: [http://www.crmfmadrid.es/crmfmadrid\\_01/index.htm](http://www.crmfmadrid.es/crmfmadrid_01/index.htm) [último acceso 06/08/15]
- [Sec15]: <http://www.secugen.com/products/php.htm> [último acceso 09/08/15]
- [Son15]: <https://www.sony.es/support/es/product/DCR-SR58E> [último acceso 09/08/15]
- [Sam15]: <http://www.samsung.com/es> [último acceso 09/08/15]
- [Ide15]: <http://www.identive-infrastructure.com/index.php/en/press-releases-2008/230--scm-microsystems-presents-new-dongle-for-multiple-nfc-applications-> [último acceso 10/08/15]
- [Iso15]: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=50942](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=50942) [último acceso 10/08/15]
- [ISO07]: "ISO/IEC 19795-2:2007", *Information Technology - Biometric Performance Testing and Reporting - Part 2: Testing methodologies for technology and scenario evaluation*
- [Sid15]: <http://sid.usal.es/libros/discapacidad/5999/8-1/libro-verde-de-la-accesibilidad-en-espana-diagnostico-de-situacion-y-bases-para-elaborar-un-plan-integral-de-supresion-de-barreras.aspx> [último acceso 10/08/15]
- [Fin15]: NIST biometric image software <http://fingerprint.nist.gov/nbis/index.html> [último acceso 11/08/15]
- [GMW04]: Garris, M. D., Watson, C. I., McCabe, R. M., and Wilson, C. L. *User's guide to NIST fingerprint image software (NFIS)*, Sept 2004
- [Sma15]: <http://www.smashingmagazine.com/2012/07/17/aregiving-users-positive-feedback/> [último acceso 11/08/15]
- [Hur11]: Miguel Hurtado, O. *Online signature verification algorithms and development of signature international standards*. PhD thesis, Universidad Carlos III de Madrid, 2011
- [BSH14]: Blanco-Gonzalo, R., Sanchez-Reillo, R., Miguel-Hurtado, O., and Bella-Pulgarin, E. *Automatic usability and stress analysis in mobile biometrics*. *Image and Vision Computing* 32, 12 (2014), 1173–1180



- [Dev15]: <http://developer.android.com/about/versions/android-4.0.3.html> [último acceso 12/08/15]
- [Bea15]: <http://sg.beatsbydre.com/support/how-to/studio/auto-on-off-feature.html> [último acceso 14/08/15]
- [Sup15]: <http://support.hp.com/es-es/document/c01607267> [último acceso 15/08/15]
- [CBC08]: Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L., and Vanderheiden, G. *Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0. W3C, recommendation 11 December 2008*
- [KPM13]: Korn, P., Martinez-Normand, L., Pluke, M., Snow-Weaver, A., and Vanderheiden, G. *Guidance on applying WCAG 2.0 to non-web information and communications technologies (WCAG2ICT). W3C working group note 5. sept. 2013.*
- [MP14]: Martinez, L., and Pluke, M. *A decision-tree approach for the applicability of the accessibility standard EN 301 549. ICCHP 2014, part II, LNCS 8548*
- [Mar13]: Martinez, L. *Prototype of EN 301 549 decision tree (demonstration). ETSI workshop on the human side of technology: Human factors in ICT. jun. 2013*
- [And04]: Andrew, A. M. *Handbook of fingerprint recognition. Kybernetes 33, 5/6 (2004), 1063–1064*
- [BSM14]: Blanco-Gonzalo, R., Sanchez-Reillo, R., Miguel-Hurtado, O., and Liu-Jimenez, J. *Performance evaluation of handwritten signature recognition in mobile environments. Biometrics, IET 3, 3 (Sept 2014), 139–146*
- [FAU10]: Fernandez-Saavedra, B., Alonso-Moreno, R., Uriarte-Antonio, J., Sanchez-Reillo, R., *Evaluation methodology for analyzing usability factors in biometrics. 2010*
- [Wea15]: <https://www.wearable-technologies.com/> [último acceso 19/08/15]
- [Blu15]: <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx> [último acceso 19/08/15]